

전자식 엔진냉각제어 시스템을 위한 팬 클러치 특성 분석

Analysis of fan clutch characteristics for electronic engine cooling control system

류혜연¹, 김현희¹, 정성민², 고영호³, 이경창^{4*}

Hye-Yeon Ryu¹, Hyun-Hee Kim¹, Sung-Min Jeong², Young-Ho Koh³, Kyung-Chang Lee^{4*}

〈Abstract〉

The engine cooling system is a device that keeps the temperature of the engine room at a proper level by driving the cooling fan when the engine room temperature that occurs during driving is above a certain temperature. Recently, the vehicle cooling system has been changed to electronic system. Therefore, in this paper, we will analyze the clutch operation characteristics for designing a superior electronic fan clutch. For this purpose, an electronic fan clutch was designed and a test bed for performance evaluation was constructed and analyzed.

Keywords : Electronic Clutch, Cooling Fan, Fan Speed, Evaluation Test-bed

1 정회원, 부경대학교 제어계측공학과

2 정회원, 동진정공(주)

3 정회원, (주)이엠티

4* 정회원, 교신저자, 부경대학교 제어계측공학과,

E-mail: glee@pknu.ac.kr

1 Department of Control and Instrumentation Engineering,
Pukyong National University

2 Dongjin Precision & Electric Co., LTD

3 EMT Co., LTD

4* Corresponding Author, Department of Control and
Instrumentation Engineering, Pukyong National University

1. 서론

차량 엔진은 가솔린, 디젤, 가스 등의 연료를 연소하여 열에너지를 기계적 에너지로 변환 시키는 장치이다. 차량 엔진의 연료 효율은 대략 20%~30% 내외에 지나지 않으며, 나머지 70%~80%는 기계적인 손실, 배기가스와 열로서 대기 중에 방출되고 있다. 이렇게 방출되는 열로 인하여 엔진은 아이들링 상태(엔진 공회전 상태)에서도 오버히트(overheating, 과열 상태)를 일으킬 수 있다. 엔진의 오버히트가 심한 경우에는 실린더 헤드가 변형될 수 있으며, 피스톤을 소착시키는 등 엔진에 치명적 손상을 주는 경우도 있다. 이러한 현상이 발생하는 것을 미연에 방지하고 엔진이 안정적으로 작동할 수 있도록 적정온도를 유지시키기 위해 엔진냉각제어장치(engine cooling control system)가 필요하다[1]-[4].

최근 그림 1과 같은 장점으로 인해, 전자식 엔진냉각시스템에 대한 연구가 활발히 추진되고 있

다. 따라서, 본 논문에서는 홀센서를 이용한 전자식 엔진냉각제어 시스템을 설계하고, 그 성능을 평가하기 위해서 실차기반 시험 테스트를 수행하였다.

본 논문은 서론을 포함하여 총 5장으로 구성된다. 2장에서는 차량엔진냉각시스템 팬 클러치에 대해 설명하고, 3장에서는 전자식 팬 클러치 성능 평가 테스트 베드에 대하여 설명하고, 4장에서는 듀티비와 주파수 항목을 변화시키며 실험 한 결과를 설명한다. 마지막으로 4장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 엔진냉각제어 시스템용 팬 클러치

차량용 팬 클러치(fan clutch)는 보통 냉각 팬이라고도 하며, 차량 팬의 회전을 자동적으로 조절하여 팬의 구동에 소비되는 동력을 최소화 하면서 엔진의 과랭(over cool)이나 팬의 소음을 적게 하는 차량 장치이다.

팬 클러치의 효율을 높이기 위해서는 상대적으로 제어가 용이해야 하는데, 일반적으로 부하에 따른 회전수가 충분히 검토되어야 가능하다. 팬 클러치에서 회전수를 결정짓는 요인 중 하나는 팬 클러치를 구성하고 있는 내부 그루브 형상이다. 팬 클러치를 구성하고 있는 그루브의 형상 및 개수는 각각 내부 표면적과 관련이 있고, 이는 내부 실리콘 오일의 마찰력에 영향을 주게 된다. 이 마찰력에 따라 팬의 회전수가 결정된다. 이와 같은 구조적 특징으로 인해, 전자식 팬 클러치의 그루브 형상은 양면 구조를 위하고 기계식 팬 클러치의 경우는 단면 구조를 취하는 경우가 상대적으로 많다. 양면 구조를 가지게 되면 단면 구조에 비해 단위면적이 넓어져 제어의 용이성을 가지게 된다.

팬 클러치 내부에 충전되어 있는 실리콘 오일

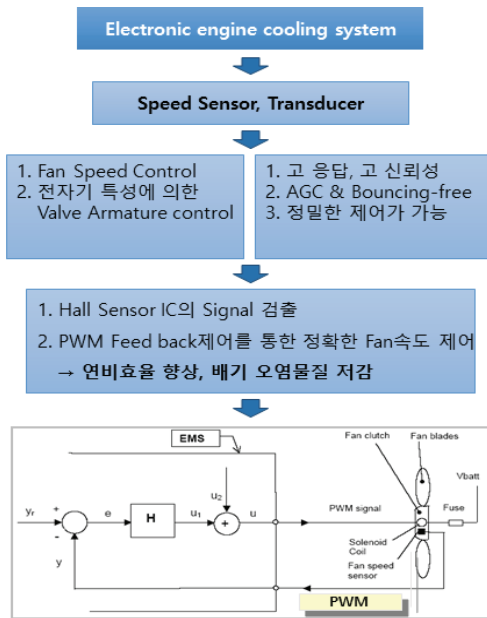


Fig. 1 Electronic engine cooling control system

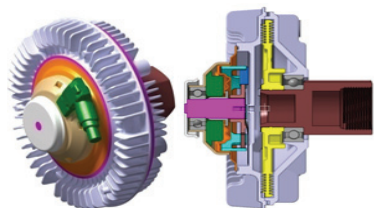


Fig. 2 Modeling of electronic actuator type fan clutch

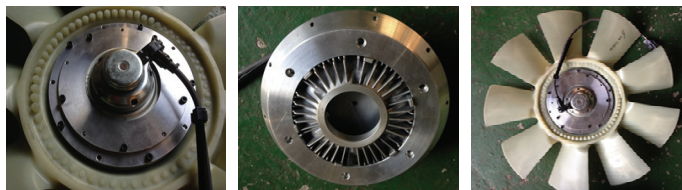


Fig. 3 Prototype of electronic actuator type fan clutch

은 온도에 많은 영향을 받으며, 온도변화에 따른 오일의 점도 변화가 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 유체의 점도는 마찰 계수와 밀접한 영향이 있기 때문이다. 팬 클러치는 체결 구조상으로 엔진의 구동축과 직결되는 경우가 많으며, 엔진의 고속 회전은 팬 클러치 내부의 온도를 올리게 되어 실리콘 오일의 점도에 많은 영향을 줄 수 있다. 즉, 실리콘 오일의 온도가 상승하면 점도가 떨어지고, 이는 회전수의 저하를 가져올 수 있다. 이와 반대로, 상대적으로 점도가 높게 되면 온도 변화에 따른 점도의 변화는 적을 수 있으나 높은 점도로 인해 팬 클러치의 반응성이 늦어지는 단점이 있다.[5]

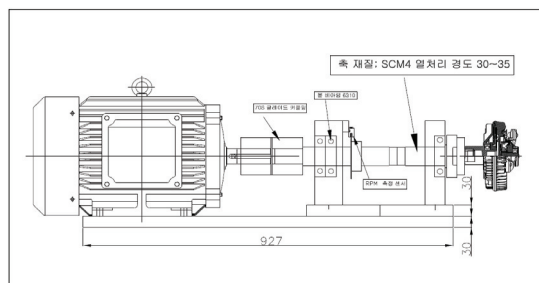
본 논문에서는 이러한 전자식 팬 클러치의 성능을 평가하고 오일 점도, 주파수 등의 조건에 따라 클러치의 성능을 평가하기 위하여 그림 2와 같이 전자식 클러치를 모델링하고 그림 3과 같이 시제품을 제작하였다.

시제품은 내부에 잔존하고 있는 오일 제거를 위한 분해/조립이 쉽도록 케이스와 커버를 볼트 구조로 설계하였으며, 본 논문에서는 해당 시제품을 가지고 듀티비 및 주파수의 변화에 따른 팬 클러치 모델별 동작 특성을 확인하였다.

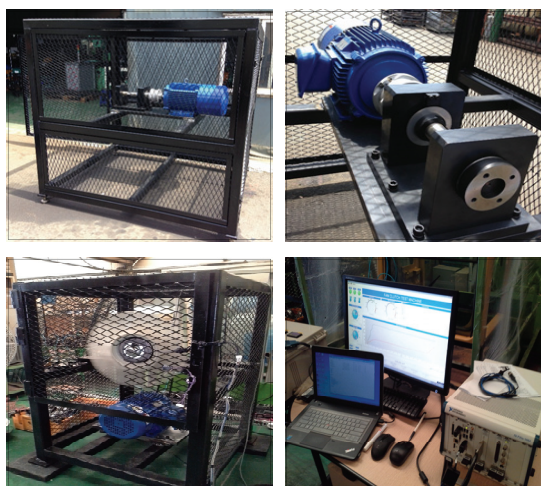
3. 팬 클러치 성능평가

3.1 성능평가를 위한 테스트베드 제작

본 논문에서는 홀센서 기반 전자식 엔진냉각제



(a) Design of Testbed



(b) testbed of performance evaluation

Fig. 4 Fan clutch performance evaluation testbed

어 시스템의 성능평가를 위해 그림 4(a)와 같이 테스트베드를 설계하고, 그림 4(b) 테스트베드를 제작하여 성능을 평가하고자 하였다.

테스트 베드는 실제차량과 유사한 형태로 제작하기 위하여 엔진 구동축과 팬 클러치를 직렬로 연결하여 동력손실을 최소화할 수 있도록 하였다. 또한 고속 회전하는 팬 시험장치의 안전성확보를 위하여 안전 펜스를 설치하였다.

4. 듀티비 및 주파수에 따른 팬 클러치 동작 특성 분석

4.1 동작특성 분석 시험 환경 및 시험 방법

팬 클러치 시제품 모델을 제작하여 기본 성능 측정 시험 평가를 수행하였다. 처음 50초 동안은 솔레노이드를 off하여 예열 조건을 주었다. 50초에서 230초 동안은 솔레노이드를 on, 230초에서 300초 동안은 솔레노이드를 off시킨 상태에서 팬 회전수의 변화를 확인하였다. 해당 시험 조건을 표 1에 나타내었으며, 듀티비는 100%에서 50%까지를 10% 단위로 변화하였다.

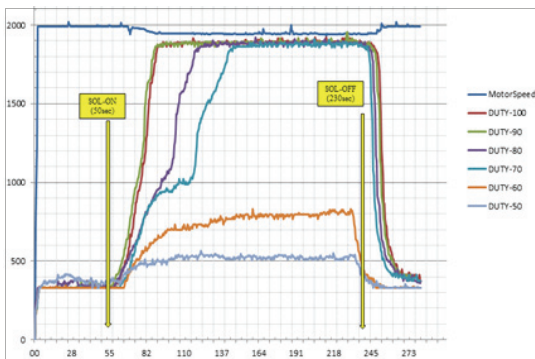


Fig. 5 change of fan clutch performance by duty ratio

Table 1. Performance test conditions

Time(sec)	Solenoid
0~50	off
50~230	on
230~300	off

4.2 듀티비에 따른 팬 클러치 성능 특성

우선 듀티비를 이용하여 성능평가를 수행하였고 그 결과는 그림 5와 같다. 시험 결과는 듀티비가 70%이상일 때 모터 스피드에 가까운 팬 회전수가 나오는 것을 보여주고 있다. 70%보다 낮은 듀티 비에서도 비교적 안정적인 형태의 회전수 변화를 보여준다. 초기 50% 이후 상승조건에서 듀티비에 따른 팬 회전수의 변화율(기울기)이 상이함을 알 수 있으며 이를 통해 듀티비가 클수록 팬 회전수의 변화율도 크며, 이는 엔진냉각시스템 효율이 듀티비가 클수록 올라감을 의미한다.

4.3 팬 회전수 거동 분석

4.2의 시험 결과를 바탕으로 팬 회전수 거동을 분석하였다. 솔레노이드가 ON-OFF 조건이 되었을 때 2회 측정을 하고, OFF 조건에서 1회 측정을 하여 최대 회전수와 아이들 회전수의 변화를 보고 제품의 성능조건을 정할 수 있도록 하였다.

그림 6의 거동 분석 결과를 보면 솔레노이드 ON상태에서는 전반적으로 팬 회전수가 모터 회전수와 동일함을 알 수 있다. 두 번의 측정 결과 첫 번째 측정 시에는 팬 회전수 변화가 모터 회전수 변화와 흡사하게 움직였다. 두 번째 측정 시에는 180초-420초 구간에서의 팬 회전수 증가비가 낮게 나오나 420초 이후로는 모터 회전수에 수렴하는 것을 확인하였다.

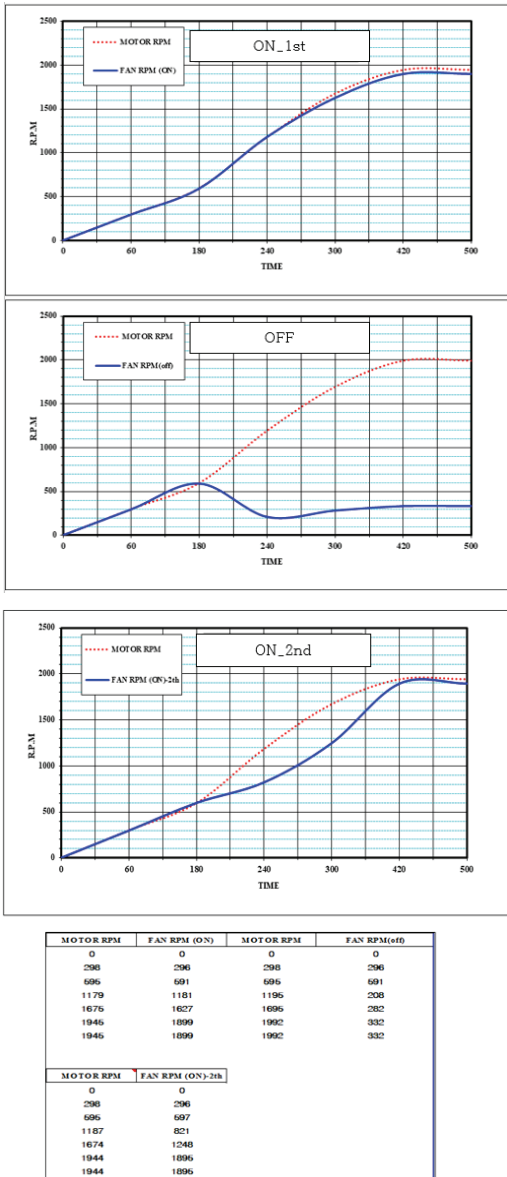


Fig. 6 fan speed basic performance

솔레노이드 OFF상태에서는 80초-170초 구간에서는 팬 회전수가 모터 회전수에 비해 크게 증가하나 이후로는 팬 회전수가 급격히 감소하면서 모터 회전수의 변화와 많은 차이를 가지는 것을 볼 수 있다.

4.4 주파수에 따른 팬 클러치 동작 특성

주파수 변동 시 밸브의 작동 횟수가 변동되어 내부 오일의 흐름이 달라질 수 있다. 이는 제품 성능에 영향을 줄 수 있다. 때문에 본 논문에서는 앞서 언급한 시제품을 이용하여 솔레노이드에 인가되는 주파수 변화에 따른 팬 클러치 동작 특성을 시험하였다. 시험에서 솔레노이드 조건은 표 1과 동일하게 주었으며, 듀티비에 따른 팬 클러치 성능 시험에서와 같이 듀티비는 100%에서 50%까지를 10% 단위로 변화하며 실험하였다.

그림 7의 실험 결과에 의하면 주파수가 2Hz일 때는 듀티비 70% 이상에서 모터 스피드 변화와 비슷한 팬 회전수 변화를 보여준다. 듀티비 70% 미만에서도 모터 회전수보다는 낮지만 비교적 안정적인 회전수 변화를 보여주면서 4.2.에서의 결과인 그림 5와 비슷하다.

그러나 20Hz일 때는 결과가 달라진다. 듀티비를 100%로 주었을 때는 2Hz일 때와 다르지 않게 안정적인 형태로, 모터 스피드에 가까운 팬 회전수가 나타났다. 그러나 90% 이하의 듀티비를 주었을 때는 팬 회전수 변화가 2Hz의 주파수일 때와 다르게 나타났다. 듀티비가 90%인 경우만 해도 느리지만(200초 대) 팬 회전수가 모터 스피드에 도달했다. 그러나 80% 이하가 되면 팬 회전수가 모터 스피드에 도달하지 못할 뿐 아니라 300-500rpm 정도로 매우 저조함을 확인할 수 있다. 이는 엔진냉각시스템 효율의 저하로 이어진다. 이에 따라 주파수가 낮을수록 팬 클러치가 안정적으로 동작하고, 나아가 엔진냉각시스템의 효율이 높아짐을 알 수 있다.

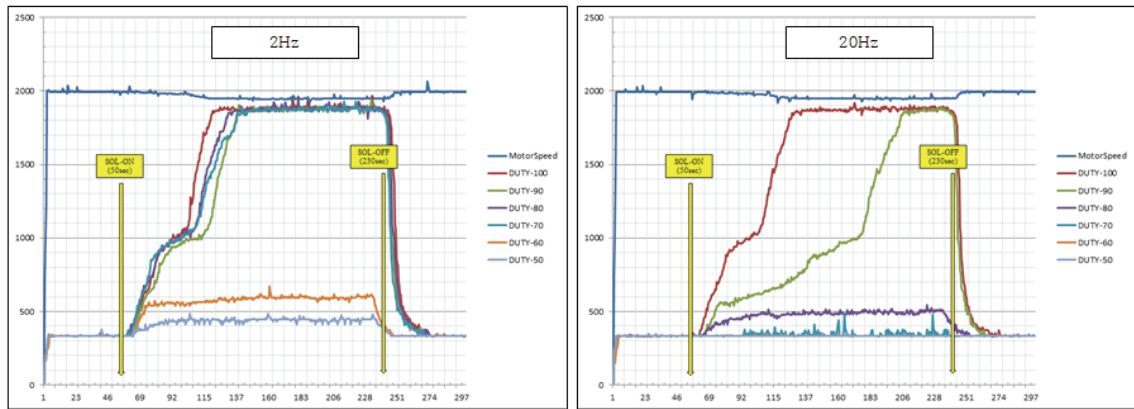


Fig. 7 change of fan clutch performance by frequency

5. 결론

본 논문에서는 전자식 팬 클러치의 특성을 분석하여 보다 효율적인 팬 클러치 설계를 위해 듀티비, 주파수 등의 조건 변화에 따른 전자식 팬 클러치 성능을 분석, 평가하였다. 이를 통해 각 변수와 팬 클러치 성능 및 엔진냉각시스템 효율과의 관계를 검증하였다.

향후 본 연구결과를 토대로 고성능의 전자식 팬 클러치 시스템을 설계/개발하고 실제 차량에 적용하여 실차 검증을 수행하고자 한다.

사 사

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원이 후원하는 경제협력권산업육성사업 (No. R0004794)으로 수행된 연구결과입니다.

참고문헌

- [1] H. Kim, H. Lee, C. Oh, "Study on the Emission Characteristics of Passenger Diesel Engine in according to Coolant and Intercooler Temperature," 2013 KSAE conference, pp. 195-199. (2013).
- [2] S. Bae, J. Lee, Y. Choi, "Development of Simulation Program of Automotive Engine Cooling System," Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, Vol. 15, No. 11, pp. 943-957. (2003).
- [3] J. Cha, M. Park, S. Park, S. Park, K. Min, "Model Construction and Evaluation of Gasoline Engine Cooling and Lubrication System," 2015 KSAE conference, pp. 8, (2015).
- [4] Y. Koh, H. Kim, K. Lee, "Design of Hall Sensor based Electronic Engine Cooling System," Journal of The Korean Society of Industry Convergence 20(4), pp. 325-332, (2017).
- [5] J. Kong, S. Jang, "Frictional Heat Cooling Analysis With Control Fluid Temperature in Periodic Wet Clutch Engagement." 2017 KSAE conference, pp.127-127, (2017).

(접수: 2018.08.30. 수정: 2018.09.10. 게재확정: 2018.09.14.)