

자동차엔진 윤활용 캠링회전형 가변용량 베인펌프의 개발 Development of camring rotation type variable discharge vane pump for engine lubrication system

*#양순용¹, 손정희², 정영민³, 정찬세^{2,3}, 이창돈¹

*#S. Y. YANG¹(soonyy@ulsan.ac.kr), J. H. SON², Y. M. JEONG³, C. S. JEONG³, C. D. LEE¹

¹울산대학교 기계자동차공학부, ²울산대학교 자동차선박 대학원, ³울산대학교 대학원 기계자동차 공학과

Key words : cam ring, variable discharge, vane pump, engine lubrication

1. 서론

기존의 엔진윤활용 오일 펌프는 정용량형의 기어 펌프로서, 회전수가 증가함에 따라 계속적으로 유량이 증가되어 필요 이상의 동력이 증가하여 릴리프 밸브를 통한 동력손실이 발생하며, 기어펌프의 특성에 따라 유량맥동에 의한 소음이 발생할 수 있다. 그러나 가변용량형 베인펌프는 고속 회전의 경우 불필요한 유량을 제어하여 소요동력의 증가를 방지할 수 있으며, 기어펌프에 비하여 상대적으로 유량맥동이 작다. 따라서, 기어펌프를 베인펌프로 대체하면 엔진의 발열/소음 저감 및 연비 향상을 기대할 수 있다. 컴팩트한 가변용량형 베인펌프의 설계이론을 확립하고, 펌프의 설계 및 성능 예측을 위한 프로그램을 개발하여 설계 기간을 단축하고 3.3 liter V6 가솔린 엔진에 적용하는 자동차엔진 윤활용 캠링회전형 가변용량 베인펌프의 시제품을 제작하여 시제품의 성능을 검증하였다.

2. 설계이론

베인 펌프의 기하학적 배제 용적의 산정을 위하여 그림 1에 단순화한 구조를 나타낸다.

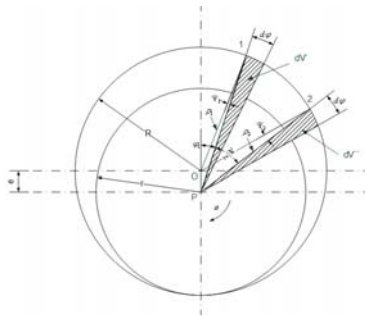


Fig. 1. Geometry of a vane pump

z개의 베인을 가지는 펌프의 이상적인 펌핑 체적은 다음과 같다.

$$V_d = \frac{b \cdot e^2 \cdot z}{3 \cdot R} \cdot \left(\frac{12 \cdot R^2 - e^2}{e} + e \cdot \cos \frac{2 \cdot \pi}{z} \right) \cdot \sin \frac{\pi}{z} \quad (1)$$

베인 펌프의 이론 유량은 회전수 n과 배제용적 V_d의 곱이므로 다음과 같다.

$$Q = n \cdot V_d \quad (2)$$

$$= n \cdot (4 \cdot \pi \cdot b \cdot e \cdot R \cdot k - 2 \cdot e \cdot b \cdot c \cdot z)$$

$$= 2 \cdot n \cdot e \cdot b \cdot (2 \cdot \pi \cdot R \cdot k - c \cdot z)$$

베인펌프의 가변기구를 회전 변위형 캠링 가압식으로 구성한 예를 다음의 Fig. 2에 나타내었다.

회전변위형은 캠링이 압력에 따른 모멘트 평형으로서 구할 수 있으므로, 다음과 같은 평형식이 성립한다.

$$\Sigma M_p = F_p \times \frac{l_p}{2} - F_s \times l_s \times \cos \theta = 0 \quad (3)$$

압력에 따른 스프링의 변위는 다음과 같다.

$$y = \frac{(A_p \cdot P) \times l_p}{2 \cdot k \cdot l_s \cdot \cos \theta} - (x_{free} - x_0 - y_0) \quad (4)$$

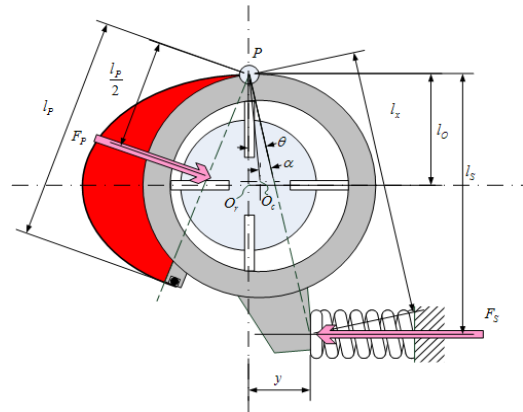


Fig. 2. Variable discharge mechanism

캠링의 변위 각은 다음과 같다.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y}{l_s} \right) \quad (5)$$

캠링의 중심과 로터의 중심간의 직선 편심량은 다음과 같다.

$$e = 2l_0 \cdot \cos \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad (6)$$

위의 편심량을 식(2)에 대입하면 이론 송출 유량을 산정할 수 있다.

3. 자동화설계프로그램

3.1 화면구성과 실행

자동 설계 프로그램은 기초조건의 입력을 통하여 베인펌프를 자동으로 설계하고, CAD 도면을 작성하기 위한 Lisp파일을 생성하며, 설계된 베인 펌프의 성능을 예측 및 비교하는 기능을 가진다. 다음의 Fig. 3은 기초 연산이 실행된 화면을 나타낸다.

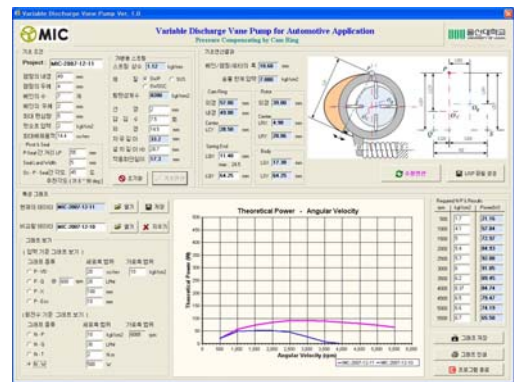


Fig. 3. Screen of the basic operation

자동 설계 프로그램에 입력하는 기초조건은 다음과 같다.

- 캠링의 내경 및 반경방향 두께
- 베인의 수 및 두께
- 최대 편심량과 최대 배제용적
- 컷-오프 압력
- 스프링 특성(재질, 선경, 감감수, 설치길이)

기초조건의 입력 후 기초연산을 수행하면 다음의 치수에 대한 치수가 생성된다.

- 캠링의 회전 중심인 피봇의 위치와 캠링의 시일 위치
- 스프링의 적정 자유길이
- 베인/캠링/로터의 폭
- 캠링 치수
- 로터의 치수(외경, 베인홈치수)

기초연산의 결과로서 화면의 하단에는 설계된 베인 펌프의 특성을 예측하여 그래프로 나타낸다. 나타내는 그래프는 다음과 같으며 각 그래프의 데이터는 별도로 저장할 수 있으며 그래프를 저장하거나 인쇄할 수 있다.

- 설정압력에 따른 배제용적/송출유량/스프링변위/편심량
- 회전수에 따른 압력/송출유량/소요 토크/소요 동력

3.2 CAD도면의 생성

자동 설계 프로그램을 통하여 생성된 LISP파일로서 주요 구성품의 CAD도면을 생성할 수 있다. 다음의 Fig 4는 생성된 LISP파일에 의해 주요 부품을 동시에 작도한 예이다.

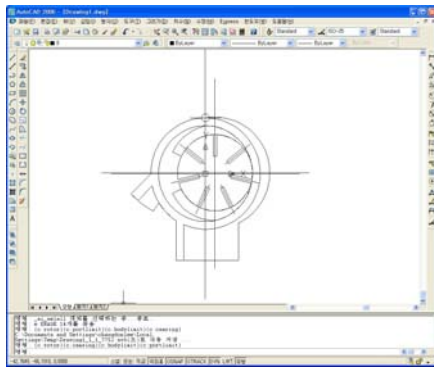


Fig. 4. Screen of a generalized drawing

4. 결과

본 연구의 기술적 검증을 위하여 14.4 cc/rev의 용량을 지니는 캠링가압식 가변용량 베인펌프를 설계하고 시제작하였다. Fig. 5는 시제작을 위한 도면을, Fig. 6은 시제작품을 나타낸다.

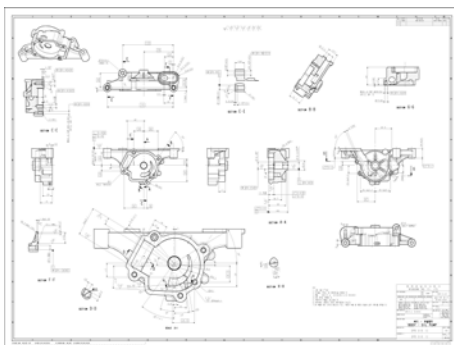


Fig. 5. Drawing for Prototype



Fig. 6. Assembly of prototype vane pump

Fig. 7은 시제작된 베인펌프와 내접기어펌프를 비교한 것으로서, 내접기어펌프는 회전수의 증가에 비례하여 유량이 지속적으로 증가하나, 베인펌프는 내부의 가변용량기구에 의하여 엔진이 필요한 일정한 유량을 유지하고 있음을 알 수 있다.

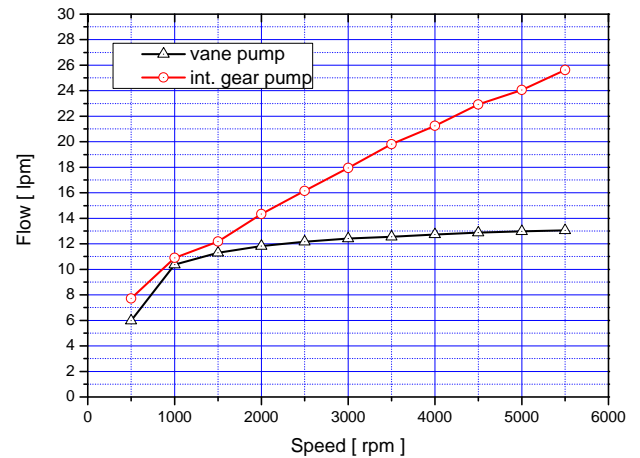


Fig. 7. Comparison of vane pump and internal gear pump

다음의 Fig. 8은 해외업체에서 사용중인 베인펌프(Stackpole), 본 연구를 통해 개발된 베인펌프(MIC Vane Pump)와 내접기어펌프(LAMBDA)의 구동토크를 비교한 그래프로서, 개발된 베인펌프는 내접기어펌프에 비하여 5,000 RPM에서의 구동토크가 35%로서 저감되었다. 해외업체의 베인펌프와 비교하면 속영역인 3,000RPM이상에선 구동토크가 낮으나, 저속영역인 1,000~3,000RPM에 다소 구동토크가 높아 가공정밀도의 개선이 필요하다.

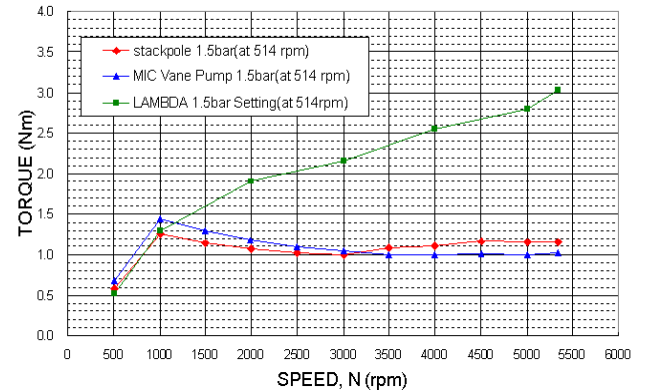


Fig. 8. Comparison of vane pump and internal gear pump

참고문헌

1. J. Ivantysyn and M. Ivantysynova, *Hydraostatic Pumps and Motors*, Akademia Books, 2001.
2. M. Kluger, D. Fussner and B. Toethler, "A Performance Comparison of Various Automatic Transmission Pumping Systems", SAE Technical Paper #960424, 1996