

〈논 문〉

등가 성능모델을 이용한 토크 컨버터의 기초 설계에 관한 연구

장욱진* · 임원식** · 이장무***

(1995년 8월 29일 접수)

A Study on the Basic Design of a Torque Converter Using Equivalent Performance Model

Wook Jin Jang, Weon Sig Lim and Jang Moo Lee

Key Words : Torque Converter(토크 컨버터), Equivalent Performance Model(등가 성능모델), Mean Flow Path(평균유선), Design Parameter(설계변수), Performance Parameter(성능변수), Blade Angle(깃각도)

Abstract

The torque converter, a major part of automatic transmissions, has many difficulties in analysis due to the factors such as power transmission through fluid flow, complex internal geometry, and various operating conditions. Because of such difficulties, the dynamic analysis and design of a torque converter are generally carried out by using equivalent performance model which is based on the concept of mean flow path. Since the design procedures of a torque converter are essential technology of automotive industry, the details of the procedures are rarely published. In this study, the basic design procedures of a torque converter are systemized and coded based on the equivalent performance model. The mathematical methods to deal with mean flow path determination and the core-shape are developed. And by using this model, the method of determination of performance parameters satisfying the requested performance is proposed. Finally, to embody the three-dimensional shape, the intermediate blade angles which maximize the tractive performance are determined and laid out.

1. 서 론

토크 컨버터는 자동변속장치의 주요 부품으로서 그 기능상 매우 중요한 역할을 하고 있다. 그러나 복잡한 형상에 기인한 유체역학적 유동해석과 삼차원 형상을 갖고 있는 날개의 자유곡면 형상의 제

작은 아직도 해결해야 할 문제를 많이 남기고 있다. 이와 같은 이유로 토크 컨버터의 발명은 이미 수십 년에 달하나 그 연구 성과는 저조한 형편이다. 토크 컨버터의 성능해석에 주로 사용되고 있는 1차원 근사해법은 Ishihara⁽²⁾에 의해 개발되었으며, 과도상태에 대한 토크 컨버터의 성능해석은 Tobler⁽³⁾에 의해 Bond Graph를 이용한 기법이 제시된 바 있다. 그리고, 토크 컨버터의 정적 성능 및 기초 설계기법에 대한 연구가 SAE⁽¹⁾를 중심으로 진행되고 있으나 단지 세계의 우수한 자동차 회

*서울대학교 대학원

**기아자동차(주)

***회원, 서울대학교 기계설계학과

사를 중심으로 경험을 바탕으로 한 기술적 연구가 진행되어 올 뿐, 대부분의 노하우(know-how)가 공개되지 않고 있다. 한편, 국내에서는 최근에 학계를 중심으로 토크 컨버터의 해석 및 기초 설계에 관한 연구^(4,5)가 진행되고 있고 국내 자동차 회사들도 토크 컨버터의 기초 설계에 대한 연구를 진행하고 있다. 그러나 토크 컨버터를 설계하는데 필요한 많은 부분의 자료가 실험적으로 얻어진 것이고, 설계시 설계자의 경험적인 지식이 많이 개입되어 왔기 때문에 설계 변경이라든지 새로운 동력 전달계에 맞는 토크 컨버터의 설계에 어려움이 많다.

본 연구에서는 토크 컨버터의 체계적인 기초 설계기법을 제시하기 위하여 1차원 동적 모델링을 정상상태에 적용하여 설계 요구자로부터 제시된 요구 성능을 만족시킬 수 있는 토크 컨버터의 2차원 형상, 각 멤버(임펠러, 터빈, 스테이터)의 입출구 각도, 반경 및 중간각도를 결정하는 방법과 최종적으로 3차원 형상을 결정하는 방법에 대하여 연구하였으며 이 과정에서 특히 초기화 문제로 표현되는 평균유선 결정방법을 제시하였다. 또한 각각의 설계 단계를 체계적이고, 일괄적으로 수행할 수 있는 프로그램을 작성하여 효율적인 기초 설계가 이루어지도록 하였다.

2. 1차원 모델링⁽²⁾

토크 컨버터의 운동방정식은 네개의 변수($\omega_p, \omega_t, \omega_s, Q$)로 표시되는 펌프에 대한 각운동량식, 터빈에 대한 각운동량식, 스테이터에 대한 각운동량식 그리고 토크 컨버터 전체에 대한 에너지 등가식 등 네개의 식으로 구성되며, 토크 컨버터의 i 번째 요소에 적용되는 각운동량 방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다. 여기에서 첨자 p, t, s 는 각각 펌프, 터빈, 스테이터를 뜻한다.

$$T_i = I_{m,i} \frac{d\omega_i}{dt} + \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV,i} (r \times V) \rho dV + \int_{CS,i} (r \times V) \rho V \cdot dA \quad (i = p, t, s) \quad (1)$$

- I_m : 기계적 관성
- ω : 회전요소의 각속도벡터
- T : 입력토크벡터
- r : 유체질점의 위치벡터
- V : 유체질점의 절대속도벡터

- dV : 미소체적
- dA : 토러스 단면의 법선벡터
- ρ : 유체밀도
- A : 토러스 단면적

식 (1)은 3차원 적분방정식이며 피적분함수는 3차원 속도분포이다. 이러한 3차원 유동이 하나의 유효한 평유선을 따라 흐른다고 가정하여 등가 파라미터(반경 R , 날개각도 a)를 적용하면 식 (1)은 다음과 같이 간단하게 된다.

$$T_i = \rho Q \left(R_i^2 \omega_i + \frac{R_i \tan a_i}{A_i} Q \right)_{out} - \rho Q \left(R_i^2 \omega_i + \frac{R_i \tan a_i}{A_i} Q \right)_{in} + I_i \frac{d\omega_i}{dt} + \rho S_i \frac{dQ}{dt} \quad (i = p, t, s) \quad (2)$$

여기서, I_i = inertia of element including fluid

$$S_i = \int_{CV,i} R \tan a dL \quad (3)$$

(dL 은 평균유선의 미소길이)

다음으로 에너지평형식에 대해 생각한다. 토크 컨버터의 입력파워는 출력파워와 파워손실, 그리고 토크 컨버터의 내부에너지 증가와 같으며, 내부에너지는 토크 컨버터의 운동에너지로 표시될 수 있다.

$$P_{in} = P_{out} + \frac{dE}{dt} + P_{loss} \quad (4)$$

여기서,

$$P_{in} = T_p \omega_p + T_s \omega_s$$

$$P_{out} = T_t \omega_t$$

$$T_s \omega_s = 0 \quad (5)$$

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=p,t,s} I_{m,i} \omega_i^2 + \frac{1}{2} \int_{CV} |V|^2 \rho dV \quad (6)$$

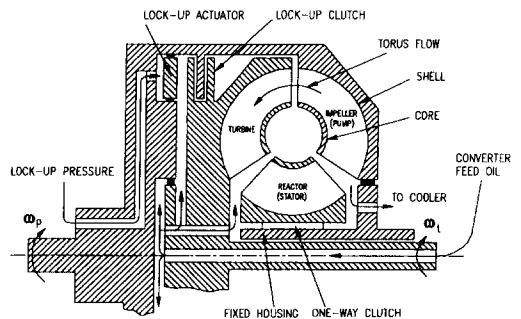


Fig. 1 Schematic diagram of 3-element torque converter

식 (1)과 식 (2)를 식 (4)에 대입하면 에너지보존식은 다음과 같이 얻어진다.

$$\begin{aligned}
 & S_p \frac{d\omega_p}{dt} + S_t \frac{d\omega_t}{dt} + S_s \frac{d\omega_s}{dt} + L_f \frac{dQ}{dt} \\
 &= \left(\frac{R_{po} \tan a_{po}}{A_{po}} - \frac{R_{so} \tan a_{so}}{A_{so}} \right) Q\omega_p \\
 &+ \left(\frac{R_{to} \tan a_{to}}{A_{to}} - \frac{R_{po} \tan a_{po}}{A_{po}} \right) Q\omega_t \\
 &+ \left(\frac{R_{so} \tan a_{so}}{A_{so}} - \frac{R_{to} \tan a_{to}}{A_{to}} \right) Q\omega_s \\
 &+ R_{po}^2 \omega_p^2 + R_{to}^2 \omega_t^2 + R_{so}^2 \omega_s^2 - R_{po}^2 \omega_p \omega_t \\
 &- R_{to}^2 \omega_t \omega_s - R_{so}^2 \omega_p \omega_s - \frac{P_{loss}}{\rho Q}
 \end{aligned} \tag{7}$$

여기서,

$$\begin{aligned}
 L_f &= \int_p \frac{1}{A \cos^2 a} dL + \int_t \frac{1}{A \cos^2 a} dL \\
 &+ \int_s \frac{1}{A \cos^2 a} dL
 \end{aligned} \tag{8}$$

에너지보존식 (7)에서 파워손실은 두 종류의 손실, 즉 식 (9)와 같이 마찰손실(P_{fl})과 충격손실(P_{st})로 나눌 수 있다.

$$\frac{P_{loss}}{\rho Q} \equiv P_t + P_{fl} + P_{st} \tag{9}$$

점성유동에 기인하는 마찰손실은 플럭스 Q 의 제곱에 비례한다고 가정한다. 또한, 마찰손실계수 C_{fr} 는 실험적으로 0.2~0.3의 값으로 알려져 있다.

$$\begin{aligned}
 P_{fl} &= \frac{1}{2} C_{fr} Q^2 \left\{ \left(\frac{1 + \tan^2 a}{A^2} \right)_p + \left(\frac{1 + \tan^2 a}{A^2} \right)_t \right. \\
 &\left. + \left(\frac{1 + \tan^2 a}{A^2} \right)_s \right\}
 \end{aligned} \tag{10}$$

충격손실은 각 요소 사이에서 접선방향의 속도차에 기인한다. 일반적으로 충격손실계수 $C_{sh, p}$, $C_{sh, t}$, $C_{sh, s}$ 는 실험결과로부터 결정되며, 대략 1의 값을 갖는다.

$$P_{st} = \frac{1}{2} (C_{sh, p} V_{sh, p}^2 + C_{sh, t} V_{sh, t}^2 + C_{sh, s} V_{sh, s}^2) \tag{11}$$

3. 등가 성능모델링을 이용한 토크 컨버터의 단품성능 설계

등가 성능모델링을 이용한 토크 컨버터의 기초 설계 절차를 체계적으로 나타내면 다음과 같다.

Fig. 2와 같이 컨버터 성능설계의 초기과정은 컨버터 입력축으로 전달되는 동력의 크기에 따른 최

대 반경의 결정과 토러스 유동량을 결정짓는 유로 단면적의 결정으로부터 시작한다. 이에 이어 셸, 코어의 형상, 회전요소 유동 단면에서의 축 반경, 깃각도 등의 파라미터들을 결정하게 되고, 최종적으로 회전요소 내부의 3차원 깃의 형상을 결정하게 된다. 이러한 일련의 설계 절차는 토크 컨버터의 등가 성능모델링을 이용한 여러가지 정성/정량적인 성능해석 결과를 바탕으로 이루어진다.

3.1 토크 컨버터 셀형상의 기초 설계⁽⁴⁾

등가 성능모델은 2차원 또는 3차원 유동해석을 수행하여야 얻을 수 있는 토크 컨버터의 폭, 폭비, 각 멤버(임펠러, 터빈, 스테이터)의 셸의 중간 형상 등에 관한 정보를 제공하지 않는다. 따라서 등가 성능모델을 이용한 초기 설계 단계에서는 셸의 형상을 원형 또는 타원형으로 가정하거나 기존 토크 컨버터의 형상을 이용하는 방법을 사용하기도 한다. 또한 경험적인 실험데이터에 의하면 토크 컨버터의 최적 토러스 단면적은 컨버터 외부 직경으로부터 계산된 면적의 23% 정도인 것으로 알려져 있으므로⁽¹⁾ 본 연구에서는 이 값을 사용하였다.

이상의 방법으로 Fig. 2에서와 같이 토크 컨버터 기초 설계의 첫 번째 단계라고 할 수 있는 외경, 유로 단면적(토러스 단면적)과 셸의 형상을 결정 후 등가 성능모델을 적용하기 위한 평균유선 및 코어의 형상을 설계하여야 한다.

3.2 토크 컨버터의 평균유선 및 코어형상 설계

토크 컨버터를 1차원으로 모델링하는 것은 날개 내부의 3차원 유동이 유체역학적인 의미를 갖도록 정의된 하나의 곡선을 따라 흐른다는 가정에 의해 가능해지는 것이다. 따라서 1차원 정상상태 모델링을 이용하여 토크 컨버터를 기초 설계할 경우 유체역학적인 의미를 가질 수 있는 곡선을 새로이 정의하거나 기존 해석시 사용된 정의를 이용하여 주어진 셸과 코어의 형상으로부터 평균유선(design path)의 궤적을 계산하여야 한다. 그러므로 기초 설계 작업에 따라 1차원으로 가정된 셀형상과 유로 단면적에 따른 평균유선의 결정은 1차원 성능해석 모델링을 이용한 토크 컨버터 기초 설계의 가장 핵심적인 과정이며, 각 회전요소(임펠러, 터빈, 리액터)의 입출구반경, 입출구각도 등 토크 컨버터의 주요한 설계변수를 결정하는데 필수적인 것이라고 할 수 있다. 일반적으로 토크 컨버터의 평균유선은

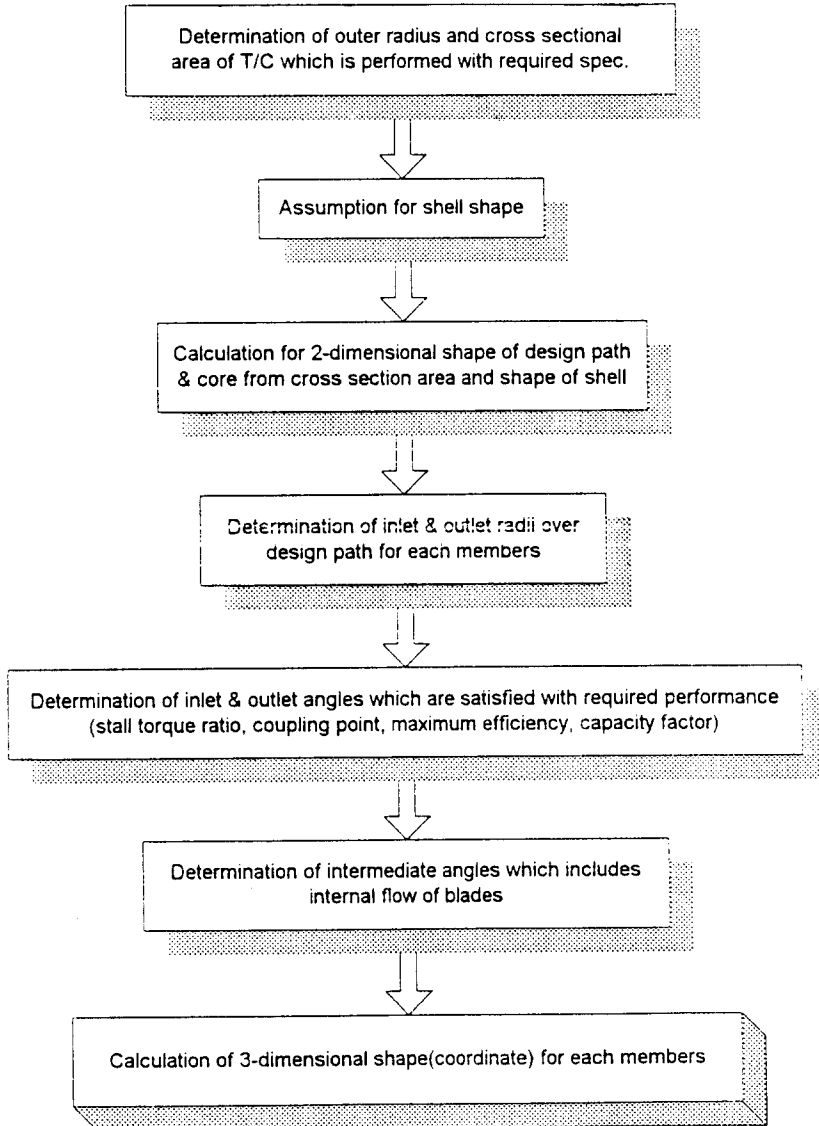


Fig. 2 Design procedure of torque converter

셸(shell)과 코어(core)에 의한 유동 면적을 반으로 나누는 점으로 정의되며, 셸과 코어의 대응점을 잇는 요소선(element line)과 평균유선이 서로 수직으로 만나야 한다는 조건이 추가되는데, 본 연구에서는 이와 같은 조건을 이용하여 평균유선을 추출하였다.

평균유선의 결정을 위해 Fig. 3과 같은 좌표계를 생각한다. 먼저 모든 회전요소가 조합된 상태에서 반경방향의 수직축을 i_r 로 정하고 i_r 축상에 존재하

는 코어 윤곽선(contour)의 반경방향의 적당한 중심점을 평균유선 결정을 위한 극부 회전좌표계의 원점 O' 이라 하자. 이때 컨버터의 축 중심축인 z 축에서 이르는 반경을 ρ 이라 하고 해석을 위한 극좌표계의 회전좌표 θ 는 i_r 축을 기준으로 토러스 유동 방향을 양의 값으로 정한다.

등가 성능모델을 이용한 토크 컨버터의 평균유선 및 코어형상의 결정은 셸형상과 토러스 유동 단면적이 주어지는 상태에서 가능하다. 평균유선은

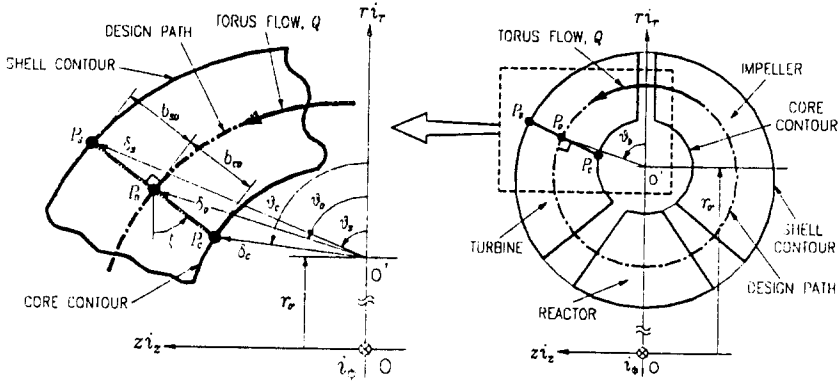


Fig. 3 Schematic diagram of mean flow path (design path) and core contour

Fig. 3의 임의의 단면을 나타내는 선분 P_cP_s 와 수직으로 교차하며, 선분 P_cP_s 를 i_z 축을 중심으로 회전시켜 생성되는 원뿔대의 옆면적을 이분하는 점 P_D 로 결정된다. 평균유선 및 코어형상을 결정하는 지배방정식의 유도과정은 다음과 같다.

Fig. 3에서 P_s , P_D , P_c 는 셸/평균유선/코어 상에 위치한 점들이며, 각 점의 위치를 다음과 같이 나타낸다.

$$\begin{aligned} P_s &= P_s(r_s, z_s) \\ P_D &= P_D(r_D, z_D) \\ P_c &= P_c(r_c, z_c) \end{aligned} \quad (12)$$

주어지는 토러스 유동 단면적은 평균유선의 좌표값에 대해 기술된다고 생각한다.

$$A_{torus} = A_{torus}(r_D, z_D) \quad (13)$$

셸형상의 좌표값은 θ_s 만의 함수로 생각할 수 있다.

$$P_s = P_s(r_s(\theta_s), z_s(\theta_s)) \quad (14)$$

본 문제는 주어지는 셸형상과 유동 단면적에 따라 평균유선과 코어형상을 찾는 것이므로 셸 윤곽 데이터에 대한 변수 θ_s 를 평균유선 결정문제의 독립변수로 생각한다. 이때 나머지 변수들인 평균유선의 좌표값 및 코어점의 좌표값들은 독립변수 θ_s 와 종속변수 ξ 의 함수로 생각할 수 있다. 이러한 독립/종속변수들의 관계를 요약하면 다음과 같다.

$$\text{Independent variable : } \theta_s \quad (15)$$

$$\text{Dependent variable : } \xi = \xi(\theta_s) \quad (16)$$

Variable dependency :

$$r_D = r_D(\xi, \xi(\theta_s)), \quad z_D = z_D(\xi, \xi(\theta_s)) \quad (17)$$

$$r_c = r_c(\xi, \xi(\theta_s)), \quad z_c = z_c(\xi, \xi(\theta_s)) \quad (18)$$

$$A_{torus} = A_{torus}(\xi, \xi(\theta_s)) \quad (19)$$

평균유선의 결정식은 다음의 조건식에 의해 구성된다.

$$(1) \text{ 선분 } \overline{P_sP_D} \text{와 평균유선과의 직교성} \\ (r_s - r_D) dr_D + (z_s - z_D) dz_D = 0 \quad (20)$$

$$(2) P_D \text{점에서의 토러스 단면적 관계} \\ r_D^2 = r_s^2 - \frac{A_{torus}}{2\pi} \cos \xi \quad (21)$$

$$(z_s - z_D)(r_s + r_D) = \frac{A_{torus}}{2\pi} \sin \xi \quad (22)$$

평균유선 결정을 위한 점미분방정식은 식 (21), (22)의 점미분식들과 식 (20)으로 생각할 수 있다. 이들 세 식에서 dz_D , dr_D 를 소거한 후, (15), (16)의 두 각 변위로 미분방정식을 정리하고 토러스 단면적이 일정하다고 가정하면 다음과 같은 미분방정식이 나온다.

$$\begin{aligned} \sin \xi \frac{d\xi}{d\theta_s} = & -\frac{8\pi^2(r_s + r_D)^2}{A_{torus}^2} \left\{ r_D \sin \xi \frac{dz_s}{d\theta_s} \right. \\ & \left. + \left((z_s - z_D) \sin \xi + r_s \cos \xi \right) \frac{dr_s}{d\theta_s} \right\} \end{aligned} \quad (23)$$

이상의 미분방정식을 초기치 문제로 생각하여 $\xi = 0$ 에서의 초기조건을 고려할 때 위식은 0/0의 형태를 갖는다. 따라서 L'hospital의 정리를 이용하여 위식의 양변을 θ_s 에 대해 미분한 후 그 극한값을 고려한다. 이때 이러한 극한식은 다음과 같은 2차 방정식으로 표현된다.

$$C_{dum1} \left(\lim_{\theta_s \rightarrow 0} \frac{d\xi}{\theta_s} \right)^2 + C_{dum2} \left(\lim_{\theta_s \rightarrow 0} \frac{d^2\xi}{d\theta_s^2} \right) + C_{dum3} = 0 \quad (24)$$

Fig. 4와 Fig. 5는 승용차용 토크 컨버터 설계에 있어 가정된 셸의 형상과 미분방정식 (23)에 의해 결정된 코어 및 평균유선을 나타내고 있다.

3.3 토크 컨버터 각 멤버의 입출구각도 결정

토크 컨버터 각 멤버(임펠러, 터빈, 스테이터)의 입출구각도는 입출구반경과 함께 정상상태의 1차원 모델링을 이용하여 토크 컨버터의 특성을 나타낼 수 있는 중요한 설계변수가 되며, 토크 컨버터 성능에 관한 기준데이터 및 설계요구조건은 보통 다음과 같이 주어진다.

- (1) 스톨 토크비(stall torque ratio) : 스톨상태(stall state)에서의 토크비
- (2) 커플링점(coupling point)의 속도비
- (3) 용량계수 또는 성능계수
- (4) 최대 효율점(design point)의 속도비

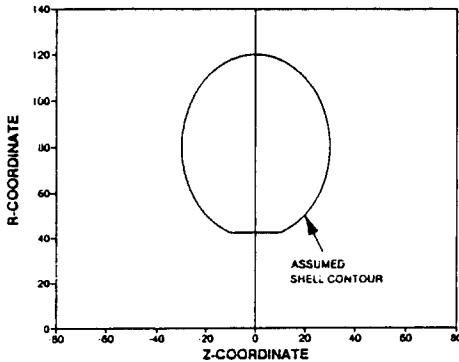


Fig. 4 Assumed shell contour data

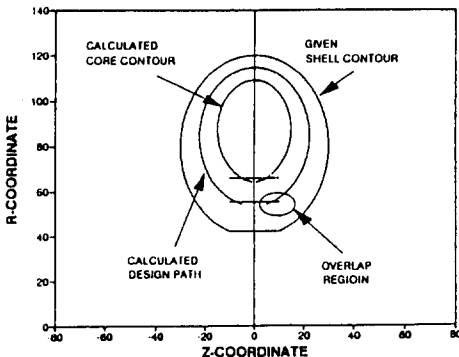


Fig. 5 Result of contour generation

토크 컨버터의 최적설계는 등속상태의 무차원 운동방정식을 이용하여 다음과 같은 방법에 의해 이루어진다.

스톨상태에서의 주어진 토크비에 의해 토크비 식에서 무차원 유량을 결정한다.

$$q = \frac{r_{pt} r_{ps} (t_r - 1)}{r_{ps} (r_{pt} X_p - X_t) - r_{pt} r (r_{ps} X_p - X_s)} \quad (25)$$

여기서,

$$r_{pt} = \frac{R_{to}}{R_{po}}$$

$$r_{ps} = \frac{R_{so}}{R_{po}}$$

$$X_p = \frac{R_{po}^2 \tan a_{po}}{A_{po}}$$

$$X_t = \frac{R_{to}^2 \tan a_{to}}{A_{to}}$$

$$X_s = \frac{R_{so}^2 \tan a_{so}}{A_{so}}$$

$$q = \frac{Q}{R_{po}^3 \omega_p}$$

$$t_r = \frac{T_t}{T_p}$$

이를 용량계수식에 대입하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{R_p K_f^2} = f_{n1}, \quad R_{po}^5 = \frac{T_p}{\omega_p^2} \frac{f_{n1}}{\rho} \quad (26)$$

커플링상태에서의 주어진 속도비에 의해 식 (25)에서 무차원 유량을 구한 후 식 (26)에 대입한다.

$$R_{po}^5 = \frac{T_p}{\omega_p^2} \frac{f_{n2}}{\rho} \quad (27)$$

최대 효율점(design point)에서는 속도비가 주어지는 경우 제한조건식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \eta}{\partial C_{design}} = 0 \quad (28)$$

여기서, $\eta = \omega_r t_r = \eta$

($\omega_r, q, \text{ other design factor } C_{design}$)

3.4 중간각도 및 읍셋의 결정⁽¹⁾

중간각도를 결정해야 하는 이유는 2차원 평면상에 결정된 토크 컨버터의 셸 및 코어의 형상으로부터 실제의 토크 컨버터와 같이 3차원 형상을 얻기 위하여 읍셋을 결정하는데 이 중간각도들이 필요하기 때문이다. 본 연구에서는 설계된 평균유선의 길이를 10등분하여 11개의 셸, 코어 및 평균유선 상

의 설계점 (design point) 을 선택한 후 각 점들에서의 각운동량 증가량이 고르게 분포되어 전체 멤버 (member) 의 동·유체역학적 균형을 이루도록 하였다. 식 (29) 는 임펠러의 토크 관계식을 간단한 형태로 나타낸 것인데 팔호 안의 항은 임펠러의 입구와 출구에서의 각운동량의 변화량을 나타내고 있으며, 터빈과 스테이터에 대해서도 마찬가지로 이 식을 적용시킨다.

$$T_i = M(R_i S_i - R'_i S'_i), \quad S_i = U_i + F \cot a, \quad (29)$$

$$a = \cot^{-1} \left(\frac{RS}{R} - U \right) \frac{1}{F} \quad (30)$$

여기서, R 은 평균유선에서 축중심까지의 거리, S 는 유체 절대속도의 회전방향 성분, U 는 날개의 절대속도, $F \cot a$ 는 날개에 대한 유체상대속도의 회전방향 성분을 나타낸다.

중간각도는 입구와 출구 사이의 유체의 각운동량이 균일하게 증가하도록 결정하여야 날개 내부에서의 와류(vortex)에 의한 유체의 손실량을 최소화할 수 있다는 가정⁽¹⁾ 하에 식 (29)와 이미 정해진 입출구각도, 입출구반경, 그리고 토크 컨버터와 매칭할 엔진이 주로 작동하게 될 속도로부터 각 멤버의 입출구 사이에서의 각운동량의 변화량을 10등분하여 각 요소선(element line)에 대하여 식 (29)로부터 역으로 정리한 식 (30)에 대입하여 중간각도들을 결정하게 된다. 이때 각 멤버의 출구에서 유체의 와류가 주로 생긴다는 참고문헌⁽¹⁾의 실험결과와 SAE의 설계 지침서에 따라 본 연구에서는 출구쪽 요소선(element line) 사이의 각운동량 증가량을 다른 부분보다 적게 배분하는 방법을 이용하였다.

토크 컨버터를 설계하는데 사용되는 3차원 좌표는 축방향거리(axial distance), 반경(radius), 오프셋(offset)으로 구성이 된다. 여기에서 셸(shell), 평균유선(design path), 코어(core)의 축방향거리와 반경은 앞에서 모두 결정된 상태이며 토크 컨버터의 축을 포함하는 반경방향 기준평면으로부터의 거리인 오프셋(offset)은 이미 결정된 중간각도들로부터 기하학적인 수식을 이용하여 간단하게 계산할 수 있으며 이 오프셋을 구하면 비로소 기초 설계된 토크 컨버터의 3차원 형상에 대한 좌표들을 결정할 수 있게 된다. 식 (31)은 중간각도들로부터 오프셋을 구하는 관계식을 나타내고 있다.

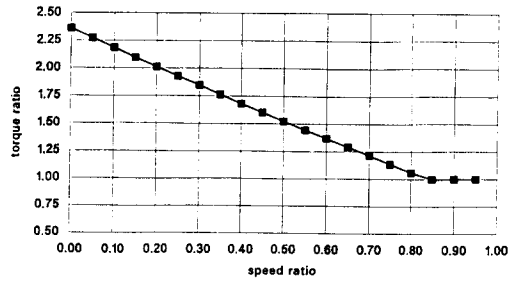


Fig. 6 Estimated torque ratio of designed torque converter

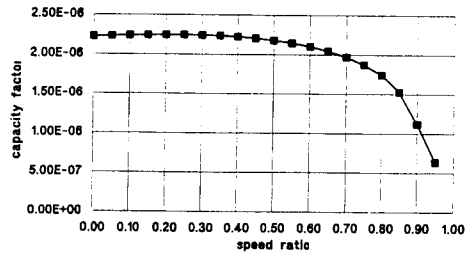


Fig. 7 Estimated capacity factor of designed torque converter

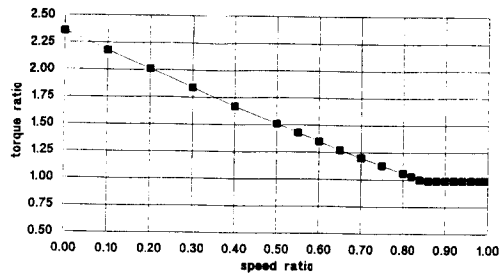


Fig. 8 Requested torque ratio of designed torque converter

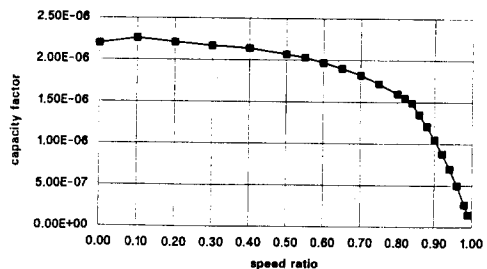


Fig. 9 Requested capacity factor of designed torque converter

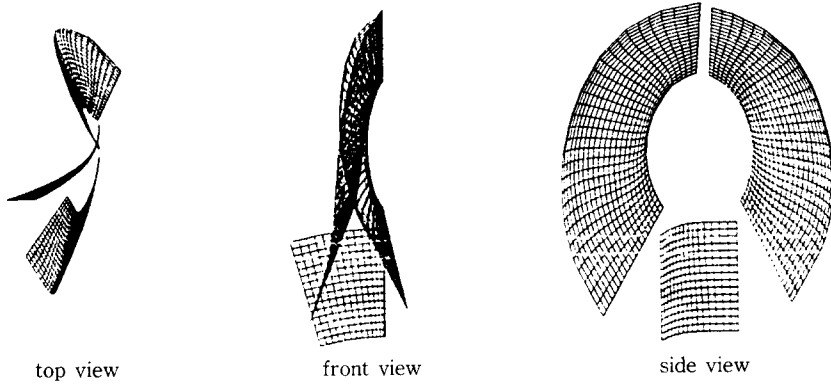


Fig. 10 Plane view of designed blade assembly

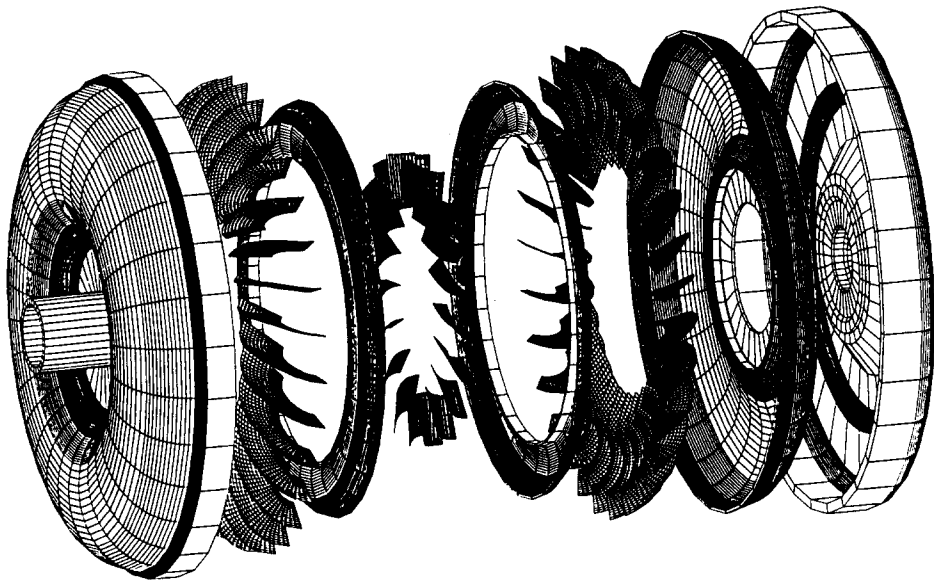


Fig. 11 Three dimensional view of the designed torque converter

$$X_k = R_k \sin y, \quad y = \sum_0^k \frac{J_k}{R_k}, \quad J_k = e \cot a \quad (31)$$

여기서, X_k 는 읍셋 양을 나타내며, e 는 인접한 두 요소선(element line) 상의 대응되는 점 사이의 거리이며, k 는 요소선의 번호, R_k 는 반경을 나타내고 있다.

3.5 기초 설계 결과

이상의 과정에서 기초 설계된 토크 컨버터의 성능곡선을 1차원 정상상태 해석을 통하여 추출한 결과를 Fig. 6, Fig. 7에 토크비와 용량계수에 대하여 나타내었는데, 이것은 Fig. 8, Fig. 9에 나와있는

설계 요구 성능과 잘 일치하고 있음을 알 수 있으며, 그 날개형상을 3각법에 의해 개략적으로 나타내면 Fig. 10과 같고 각 멤버와 함께 조립되어 전체적인 토크 컨버터의 구성 요소가 될 임펠러 셸/코어, 터빈 셸/코어와 프론트 커버를 Fig. 11에 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 토크 컨버터의 평균유선을 결정하는 방법 및 결정된 셸의 형상으로부터 코어의 형상을 설계하는 기법을 개발하였으며 이와 함께 등가

성능모델링을 이용하여 주요 설계변수들의 결정 방법, 그리고 토크 컨버터 날개의 3차원 형상을 설계하는 방법을 체계화함으로써 주어진 요구성능을 만족시키는 토크 컨버터의 기초 설계기법을 제시하였다. 제시한 설계기법을 바탕으로 효율적이고, 일괄적인 설계가 이루어지도록 기초 설계 프로그램을 개발하였다.

후 기

이 연구에 도움을 주신 서울대학교 터보동력기계 연구센터에 감사드립니다.

참고문헌

(1) Cartwright B. E., 1973, "Design Practices :

Passenger Car Automatic Transmission," SAE, New York.

(2) Ishihara, T. and Emori R. I., 1968, "Torque Converter as a Vibration Damper and its Transient Characteristics," *SAE Paper No. 660368*.

(3) Hrovat, D. and Tobler W. E., 1985, "Bond Graph Modelling and Computer Simulation of Automotive Torque Converter," *Journal of the Franklin Institute*, Vol. 319, No. 1/2, Jan/Feb pp. 93~114.

(4) 임원식, 1995, "토크 컨버터의 해석/설계와 자동변속장치의 동특성에 관한 연구," 박사학위논문, 서울대학교.

(5) 장옥진, 1995, "1차원 성능모델을 이용한 토크 컨버터의 기초 설계에 관한 연구," 석사학위논문, 서울대학교.