

< 논 문 >

세탁기용 트랜스미션을 모델로 한 기계 시스템 설계이론에 관한 연구

천길정* · 김완두** · 한동철***

(1995년 2월 11일 접수)

A Study on the Design Theory of a Mechanical System : Using a Washing Machine Transmission as a Model

G. J. Cheon, W. D. Kim and D. C. Han

Key Words : Design Theory(설계이론), Design Principles(설계원칙), Design Process(설계과정), Washing Machine(세탁기)

Abstract

New design principles and necessary conditions for a mechanical system have been suggested to be kept in the design process using a washing machine transmission as a model. The necessary conditions are functional requirement condition and spatial arrangement condition. The design principles to satisfy the necessary conditions are the principle of sequence and the principle of expansion. Decision sequence for state variables and design variables of various mechanical elements have been formulated. New automatic design program for washing machine transmission has been developed observing the necessary conditions and design principles investigated in this study. It was verified to be very effective to follow the design conditions, principles and formulated decision sequence in mechanical system design process.

1. 서 론

설계를 경험과 실험에만 의존할 경우 많은 시행착오를 겪어야 함으로써 신제품 개발 기간이 길어지고 개발 비용이 많이 소요될 뿐만 아니라 설계 개발 경험을 타인에게 전달할 수가 없어서 담당 기술자의 부서 이동시 기술개발과 축적이 새로이 시작되어야 한다. 그러나 특정 부품과 시스템에 대한 설계 자료가 전산화되어 있고, 시스템 설계시 반드시 지켜야 할 원칙이 확립되어 있는 경우, 설계 기

술의 전수가 쉽고, 신모델 개발시 시뮬레이션 등이 간편하여 개발 비용이 절감되고 개발 기간이 단축되는 잇점이 있다. 현재 국내에서 생산되는 세탁기용 동력전달장치의 경우 그 구성 부품이 매우 다양하고, 업체간 경쟁이 심화됨에 따라 신모델 개발 사이클이 갈수록 짧아지고 있어 동력전달 계통의 설계과정에 대한 이론이 정립되고 해석과 이론을 바탕으로 한 주요 부품의 설계 자동화 프로그램이 개발되어 이용된다면 설계 비용 및 기간의 단축과 설계 최적화로 인하여 경쟁력 향상에 크게 이바지할 것으로 판단된다. 지금까지 단독 요소설계시에 지켜야 할 설계원칙이나 설계공리가 많은 연구자에 의해 여러 가지 발표되었으나 요소들로 구성되는 시스템을 종합적으로 고려한 설계원칙은 그리

*회원, 원광대학교 기계공학과

**회원, 한국기계연구원

***회원, 서울대학교 기계설계학과

알려져 있지 않다.^(1~6) 따라서 본 논문에서는 시스템 설계시 지켜야 할 새로운 설계조건과 설계원칙을 탐구 제시하고 이들 이론들을 세탁기용 트랜스미션을 모델로 한 설계과정에 적용하여 그 타당성을 검토하였다.

2. 본 론

2.1 시스템 설계의 필요조건

기계 시스템을 구성하는 수 많은 기계요소들은 각자의 고유 기능을 수행함으로써 전체 시스템이 원활히 작동할 수 있도록 하는바, 각 요소들이 수행하는 고유 기능은 크게 동력발생 기능, 운동 및 동력전달 기능, 운동제어 기능, 구조지지 기능으로 분류되며,⁽¹⁾ 이들 각 요소의 형상과 재원은 가능한 제일 적은 무게와 체적으로 특정 제약 조건들을 만족시키면서 고유 기능을 가장 경제적으로 수행시킬 수 있도록 결정되어야 한다. (최적화 원칙)

기계요소의 고유 기능은 힘과 응력, 변위 및 속도 등과 같은 물리량을 유발시키는 회전·직선운동과 마찰·미끄럼운동 등과 같은 물리적 작용에 의해 수행된다. 따라서 요소의 제원은 이들 물리적 작용에 의해 발생하는 각종 물리적 부하를 충분히 지탱할 수 있도록 인장·압축·비틀림·굽힘 등과 관련된 제반 물리적 법칙을 고려하여 결정되어야 한다. 즉, 요소의 형상과 재원은 그 요소에 요구되는 고유 기능에 의해 결정된다.(기능요구조건)(Fig.1)

기계 시스템을 구성하는 요소들중 동력발생 요소는 발생된 동력을 동력전달 요소나 운동제어 요소에 전달해야 하며, 자체의 무게를 구조 지지 요소에 의해 지탱하여야 하므로 최소한 한개 이상의 다른 요소와 물리적 접촉(PC : physical contact)을 유지하여야 한다. 또한 동력전달 요소와 운동제어 요소 및 구조지지 요소들 역시 그들이 수행 해야하는 고유 기능상 반드시 다른 요소와의 물리적 접촉을 유지하여야만 한다. 즉, 기계 시스템을 구성하는 기계요소들은 상호간에 다양하게 접촉을 유지하고, 각종 물리량은 이들 접촉점들을 경유하여 시스템 전체에 흐르게 되며, 어떠한 형태로든 다른 요소와 물리적 접촉을 유지하지 않는 요소는 시스템 구성에 참여할 수 없다. 따라서 시스템을 구성하는 임의 요소의 제원과 형상은 반드시 공간적으로 전후 및 내외에 배치되어 접촉을 유지하고 있는 다른 요소와의 상대적 결합 방법을 고려하여 결정되어야

한다.(공간배치조건)(Fig. 2)

이상에서 분석해 본 바와 같이 요소의 형상과 제원을 결정하기 위해서는 요소에 요구되는 기능을 수행하는데 필요한 물리적 부하를 지탱할 수 있도록 보장하는 기능요구조건과 요소들간의 원활한 물리적 접촉을 보장하는 공간배치조건을 모두 검토하여야 한다.

이들 중 기능요구조건과 관련되는 물리량은 제반 물리적 법칙에 의해 지배되므로 설계자가 임의로 바꿀 수 없으나, 공간배치조건은 개념 설계의 변경이나 표준규격품 등의 변경에 의해 어느 정도 변화가 가능하다. 또한 특정 요소가 주변 요소와의 결합을 보장하는 공간배치조건을 만족한다 하더라도

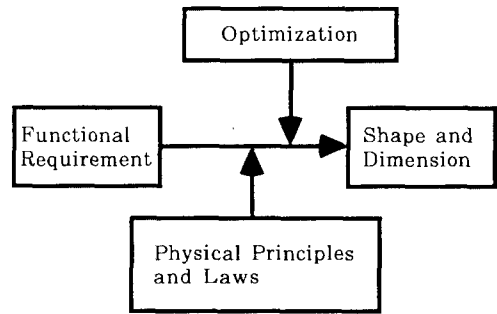


Fig. 1 Schematic diagram of a functional requirement condition

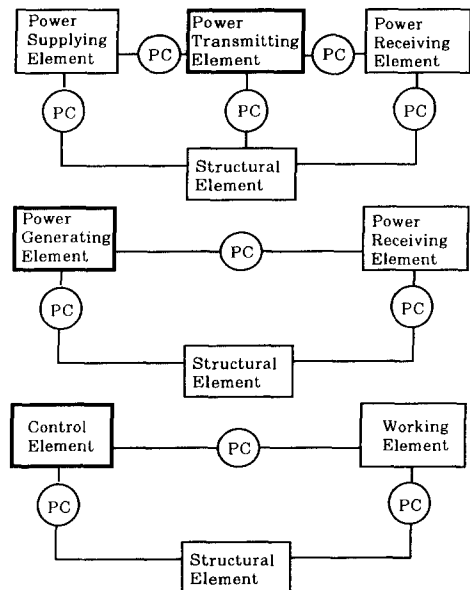


Fig. 2 Schematic diagram of a spatial arrangement condition

도, 부하 지탱을 보장하는 기능수행조건을 만족하지 못하는 경우에는 요소가 변형되거나 파손될 것이므로 위의 두 가지 제약조건 중 기능요구 조건의 만족이 공간배치조건 만족보다 선행적으로 보장되어야만 한다. (기능요구조건 우선의 원칙)

한편, 기능요구조건을 만족시키기 위해 최적의 안전률과 물리적 법칙을 적용하여 결정된 제원은 통상적으로 부하지역에 필요한 최소 한도치이므로, 기능요구조건 만족 검토후 공간배치조건 만족 검토시 제원을 변경할 필요가 있을 경우에는 반드시 이 최소 한도치보다 큰 값을 갖도록 변화를 모색하여야 한다. (최소 치수만족의 원칙)

2.2 요소설계 과정 분석

기능요구조건 만족을 위해서는 요소가 수행하는 물리적 작용과 그와 관련된 물리량을 규명하여야 한다. 물리량은 요소에 부하로 작용되므로, 요소의 제원과 형상을 결정하기 위해서는 요소에 작용되는 다양한 부하를 먼저 결정 하여야한다. 이들 부하는 요소들의 고유 기능에 따라 동력발생과 전달 및 제어에 필요한 부하와 지지구조 기능을 수행하기에 필요한 부하로 나누어질 수 있다.

동력의 발생과 전달 및 제어는 주로 인장, 압축, 굽힘 및 비틀림과 같은 물리적 작용에 의해 수행되며 이들 물리적 작용은 회전력을 전달하는 비틀림 토크와 반경방향 반력에 영향을 미치는 회전수에 의해 좌우된다.

한편 동력발생 요소로 부터 최종 작업 요소로까지 동력이 전달되는 동안 벨트나 기어열같은 가감속 기능요소를 거치게 되는 경우에는 반드시 회전수와 함께 비틀림 토크가 변화하며, 가감속 기능요소가 아닌 요소들을 거치게 되는 경우에도 결합부에서의 연결 효율이 100%가 아니거나 지지요소와의 접촉점에서 마찰손실 등이 존재하는 한 비틀림 토크는 감소하게 된다.(Fig. 3)

이와 같이 전달 토크와 회전수가 동력전달기능요소를 거치는 동안 계속해서 변화하기 때문에, 특정 요소의 제원을 결정하기 위해서는 동력 전달 과정 중의 바로 앞에 연결된 요소가 수행하는 물리적 기능과 물리적량을 미리 알아야만 한다. 즉, 기능요구조건 검토에 필요한 정보는 동력전달 경로에 따라 순차적으로 전달되어야 한다. (순차의 원칙)

가정용 세탁기의 경우 동력발생기능은 모터가, 동력전달기능은 트랜스미션이, 작업수행기능은 세

탁통과 교반기(pulsator)가 수행한다. Fig. 4는 트랜스미션의 개략도이다. 클러치를 구성하는 요소들은 그 기능에 따라 동력전달기능요소, 지지기능요소 및 운동조절 기능요소로 구별된다.

동력전달 기능요소 : 벨트 및 풀리, G-Shaft, PGT, W-Shaft, 기어하우징(A), 기어하우징(B), S-Shaft, 스프링 블럭, 스프링 클러치,

지지기능요소 : Oilless 베어링, Ball 베어링

운동조절 기능요소 : 브레이크, 클러치 베어링 (Fig. 4)

모터에 의해 발생하는 동력이 전달되는 과정은

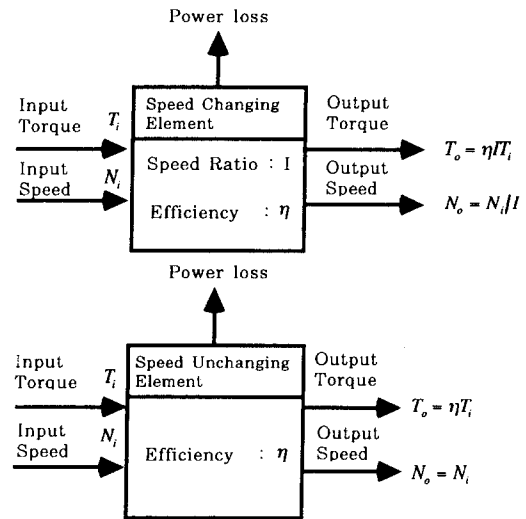


Fig. 3 Schematic diagram of power variation

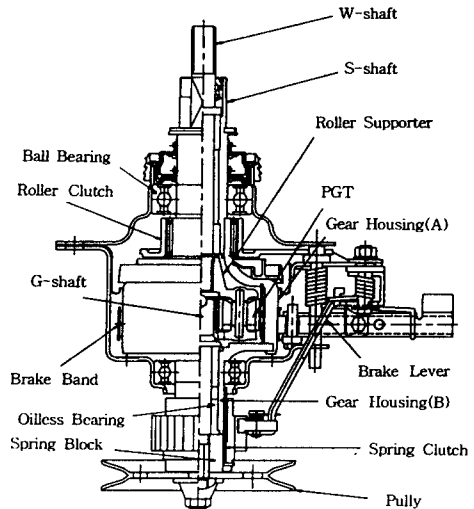


Fig. 4 Schematic diagram of a washing machine transmission

두 가지로서, 하나는 세탁이 행해질 때의 과정이고, 다른 하나는 탈수가 행해질 때의 과정이다. 두 경우 모두 모터에서부터 풀리를 거쳐 G-Shaft에 까지 전달되는 과정은 동일하다. 세탁시에는 G-Shaft와 일체로 가공된 태양기어를 통해 유성기어열(PGT : planetary gear train)에 전달되고, 이는 다시 유성기어 Carrier와 W-Shaft를 거쳐 최종적으로 pulsator에 전달된다. 한편 탈수시에는 G-Shaft에 끼워진 스프링블럭을 통해 전달된 동력이 마찰의 원리에 의해 스프링클러치를 매개 요소로 하여 기어하우징(B)에 전달된다. 한편 기어하우징(B), 기어하우징(A) 및 S-Shaft는 일체로 조립되어 있기 때문에, 기어하우징(B)에 전달된 동력은 증감없이 기어하우징(A)와 S-Shaft를 거쳐 최종적으로 탈수통에 전달된다. 이상의 모든 과정에서 동력은 비틀림 모멘트의 형태로 전달되는데, 벨트와 PGT에 의해 회전수가 감소되므로 이들 요소를 통과할 때에만 회전수 감소에 비례하여 비틀림 모멘트가 증가하고 다른 요소들을 통과할 때의 비틀림 모멘트의 변화는 없다. 기계적 동력 손실은, 모터의 동력이 풀리에 전달되는 과정에서의 벨트의 변형에 의한 요인과 PGT를 통해 전달되는 과정에서 치면의 유연결합에 의한 요인에 의해 발생 가능하다. 그 외의 요소들은 모두 강체결합을 유지하기 때문에, 그들에 의한 동력 손실은 무시할 수 있다.(Fig. 5)

공간배치조건을 검토하기 위해서는 물리적 접촉을 유지하는 두 요소의 접촉 부위가 시스템 내에서 차지하는 상대적 공간좌표에 관한 정보와, 원하는 접촉 부위의 형상에 관한 정보가 있어야 한다. 두 요소간의 상대적 좌표는 시스템을 구성하며 서로 연결되어 있는 요소들의 형상과 제원에 의해 결정 가능하다. 또한 두 요소 사이에 물리적 접촉이 이루어지는 부위에서의 형상은 크게 점, 선, 및 면으로 나눌 수 있는 바, 이들은 접촉하는 두 요소의 형상과 제원에 따라 상대적으로 결정된다. 따라서 원하는 공간배치조건을 만족시키기 위해서는 접촉이 이루어지는 부위에서의 두 요소의 형상과 제원에 관한 정보가 서로 공유되어야 한다.

여러가지 배치 종류중, 한 요소가 다른 요소안에 나란하게 배치되는 경우(동심 병렬배치) 안쪽 요소의 외부 표면과 바깥 요소의 안쪽 표면 사이에 접촉이 발생한다.(Fig. 6)

요소의 2차원 제원(직경)을 결정할 때, 안쪽 요

소의 제원을 바깥 요소보다 먼저 결정하는 경우, 안쪽 요소의 최소 바깥 제원(d_{1o})은 기능요구조건 우선의 원칙에 따라 바깥 요소의 제원에 관한 정보가 없이도 자체의 기능요구조건만에 의해 결정 가능하다. 이때 설계 문제는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} &\text{Min. } d_{1o} \\ &\text{s.t. } \quad \text{i) 안쪽 요소의 기능요구조건} \end{aligned}$$

안쪽 요소의 바깥 제원(d_{1o})이 먼저 결정되면, 바깥 요소의 안쪽 제원(d_{2i})은 공간배치조건을 만족시키기 위해 $d_{2i} \geq d_{1o}$ 라는 제한조건을 갖게되며, 이때 바깥 요소의 두가지 제원(d_{2o} , d_{2i}) 설계 문제는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} &\text{Min. } \frac{\pi}{4}(d_{2o}^2 - d_{2i}^2) \\ &\text{s.t. } \quad \text{i) 바깥 요소의 기능요구조건} \\ &\quad \quad \text{ii) } d_{2i} \geq d_{1o} \end{aligned}$$

이 경우에 안쪽 요소의 제원이 미리 알려진 상태에서 바깥 요소의 제원이 결정되므로 안쪽 요소에

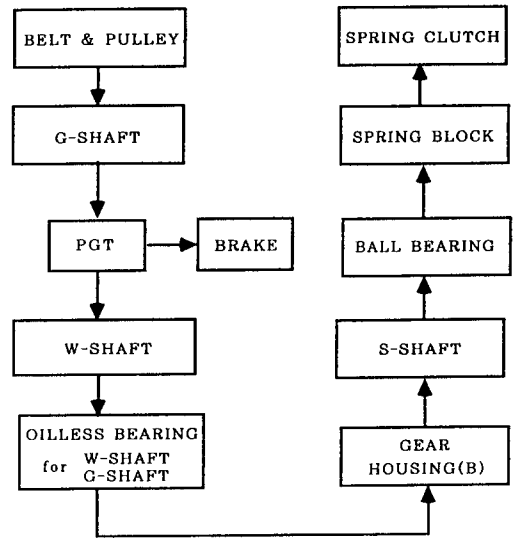


Fig. 5 Schematic diagram of power flow

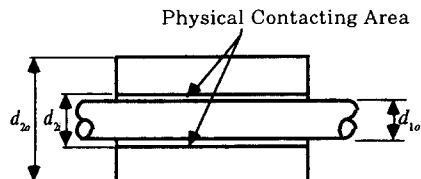


Fig. 6 Schematic diagram of coaxial parallel arrangement

관한 정보가 바깥 요소 제원 결정시에 이용이 가능하여 위의 설계 문제는 언제나 합리적인 해(feasible solution)가 존재 가능하다. 즉, 각 요소가 독자적으로 만족해야 할 기능요구조건과 두 요소가 합동으로 만족해야 할 공간배치조건이 모두 만족되는 해가 존재한다.

그러나 바깥 요소의 제원을 먼저 결정할 경우에는, 안쪽 요소에 관한 정보가 없는 상태이므로 바깥 요소 설계문제는 공간배치조건에 관한 아무런 제약없이 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{Min.} \quad & \frac{\pi}{4}(d_{2o}^2 - d_{2i}^2) \\ \text{s.t.} \quad & \text{i) 바깥 요소의 기능요구조건} \end{aligned}$$

이 경우 d_{2i} 에 대한 제한조건이 주어지지 않으므로 설계 결과는 $d_{2i}=0$ 으로 결정될 것이나, 이는 불합리한 해이다. d_{2i} 를 0으로 되지 않게 하기위해 제한조건을 임의로 부여하면 바깥 요소의 설계 문제는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{Min.} \quad & \frac{\pi}{4}(d_{2o}^2 - d_{2i}^2) \\ \text{s.t.} \quad & \text{i) 바깥 요소의 기능요구조건} \\ & \text{ii) } d_{2i} \geq d_{2,\min} \end{aligned}$$

한편 두 요소간의 공간배치조건 만족을 위한 제한조건을 고려하면 안쪽 요소의 설계 문제는 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{Min.} \quad & d_{1o} \\ \text{s.t.} \quad & \text{i) 안쪽 요소의 기능요구조건} \\ & \text{ii) } d_{1o} \leq d_{2,\min} \end{aligned}$$

이 경우 안쪽 요소의 최소 한도치 d_{1o} 는 바깥 요소의 제원과는 상관없이 안쪽 요소의 기능요구조건만에 의해 독립적으로 결정되기 때문에, 임의로 주어진 두번째의 공간배치조건을 만족하지 못할 수가 있다. 또한 두 번째 제한조건을 만족시키기 위해 d_{1o} 를 특정값 이내로 절대적으로 제한하는 경우에는, 기능요구조건인 첫번째 조건을 위배할 수 있다. 즉, 기능요구조건과 공간배치조건을 모두 만족시키는 해가 존재하지 않을 수도 있다. 이와 같이 불합리한 결과가 얻어지는 것은 안쪽 요소의 제원 결정시에 먼저 결정된 바깥 요소의 제원에 관한 정보가 전연 이용될 수 없기 때문이며, 이는 두 요소가 합동으로 만족시켜야 할 공간배치 조건이 물리적 법칙에 근거하지 않고 임의로 부여 되었기 때문

이다.

따라서 동심 병렬배치되는 요소들의 경우에 합리적인 공간배치조건을 부여하기 위해서는 안쪽 요소의 제원을 먼저 결정한 후 바깥 요소의 제원을 결정하여야 한다. (팽창의 원칙)

축과 규격 베어링의 경우에 바깥 요소인 베어링의 규격이 결정된 후에야 안쪽 요소인 축의 직경이 최종적으로 결정되나 축의 기능 변수에 의해 축의 최소 요구 직경이 먼저 결정되고 이에 의해 베어링의 규격이 결정되므로 이 경우 역시 팽창의 원칙을 만족함을 알 수 있다.

요소설계 제원 중에서 직경은 동력전달 순서에 따라 안쪽 요소에서 바깥쪽 요소 순으로 결정된다. 클러치의 구조상 세탁 동력전달요소들이 안쪽에 배치되어 있고 탈수 동력전달요소들이 외부에 배치되어 있으므로, 세탁 동력전달요소들의 제원을 먼저 결정한 후 세탁 동력전달요소와 탈수 동력전달요소 사이에서 지지기능을 수행하는 Oilless 베어링의 제원을 결정하고 그 후에 탈수 동력전달요소의 제원을 결정한다. 브레이크의 제원은 제일 마지막으로 결정된다. (Fig. 7)

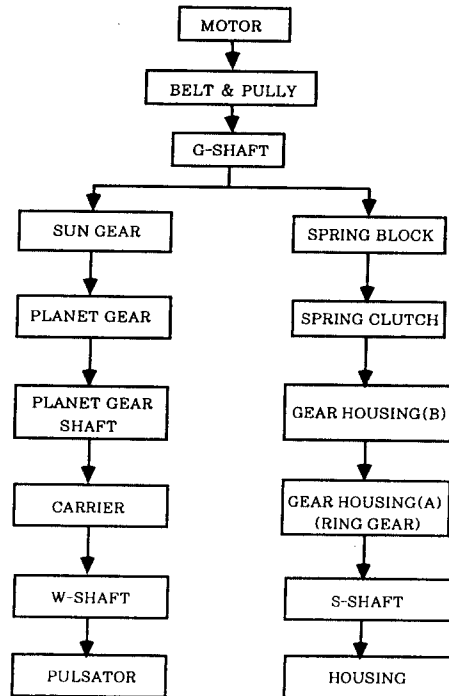


Fig. 7 Schematics of element design procedure

2.3 요소설계 기준식 분석

2.3.1 V벨트 및 풀리

벨트는 풀리와와의 마찰현상에 의해 모터의 동력을 일정 속도비로 G-shaft에 전달한다. 풀리를 통해 전달되는 동력은 풀리기구의 효율만큼 감소하며 속도와 토크는 속도비에 따라 변화한다. 벨트와 풀리계의 제반변수 결정에 필요한 입력변수와 출력변수 결정 과정은 다음과 같다.^(7~13)

입력변수 : 모터출력, 모터회전수, 모터토크, 감속비, 축간거리, 모터 풀리 직경

변수결정 과정 : 벨트형 선정

- 종동 풀리의 회전수 및 직경 계산
- 벨트의 선속도 계산
- 접촉각 계산
- 상당 마찰계수 계산
- 벨트 한가닥당 전달 동력계산
- 접촉각 수정계수 및 부하 수정계수 선정
- 벨트개수 선정
- 벨트길이 계산
- 수정 축간거리 계산
- 유효 장력, 긴장축 장력, 이완축 장력 및 초기 장력 계산
- G-Shaft에 작용하는 반경방향 힘 계산
- G-Shaft에 전달되는 동력 계산
- G-Shaft에 전달되는 최대 토크 계산

2.3.2 G-Shaft

풀리와 직결되어 V벨트를 통해 전달되는 동력을 세타시에는 유성 기어열에, 탈수시에는 스프링 볼력에 전달한다. 동력은 비틀림 모멘트와 회전수의 형태로 전달된다. 제반변수 결정에 필요한 필요 입력변수와 변수결정 과정은 다음과 같다.

입력변수 : 회전수, 전달동력, 최대 전달토크, 벨트에 의한 반경방향 힘, 태양기어에 의한 반경방향 힘, 축길이, 허용응력, 종탄성계수, 횡탄성계수, 비중

변수결정 과정 : 비틀림 토크 결정

- 굽힘 모멘트 계산
- 강도상의 직경 계산
- 강성도상의 직경 계산
- 최대직경 결정
- 비틀림 고유진동수 계산
- 상당 굽힘응력 및 상당 비틀림응력 계산

→ 회전수, 전달동력, 최대 전달 토크 계산

2.3.3 유성 기어열(PGT)

세타시 G-shaft를 통해 전달되는 동력을 감속시켜 W-shaft에 전달한다. 제반변수 결정에 필요한 필요 입력변수와 변수결정 과정은 다음과 같다.

입력변수 : 유성기어 감속비, 압력각, 입력 최대 토크, 입력 동력, 입력 회전수, 각종 계수, 허용 굽힘강도, 허용 면압강도, 유성기어 핀의 허용 전단응력, 태양기어의 푸아송계수, 유성기어의 푸아송계수, 태양기어의 푸아송계수, 유성기어의 종탄성계수, 태양기어의 브리넬 경도, 유성기어의 브리넬 경도

변수결정 과정 : 유성기어의 갯수 계산

- 태양기어 최소 잇수 결정
- 유성기어 최소 잇수 결정
- 링기어와 유성기어 최소 잇수 차이 계산
- 물림률 계산
- 잇수 결정
- 전위량 결정
- 접선방향 전달 하중 계산
- 굽힘강도 계산
- 면압강도 계산
- 체적 계산
- 모듈 및 치폭 결정
- 링기어 외경 결정
- 실제 굽힘강도, 면압강도 계산
- 백분율 손실 계산
- PGT 효율 계산
- 태양기어 작용력 계산
- 유성기어 축 작용력 계산
- PGT 토크, 회전수, 동력 계산
- 유성기어 핀 직경 결정
- 실제 전단응력 계산

2.3.4 Oilless Bearing

G-shaft 및 W-shaft를 지지하는 기능을 수행한다. 제반 변수결정에 필요한 필요 입력변수와 변수결정 과정은 다음과 같다.

입력변수 : 회전수, 벨트에 의한 힘, 축방향 작용 힘, 유성기어와 태양기어 사이의 작용력, 허용 PV치, 비마멸량, 마찰시간, 축직경, 길이

변수결정 과정 : 상하 베어링에 작용하는 힘 계산

- 베어링 길이 계산

- 마멸량 계산
- 내경 계산
- 외경 계산
- 기어하우징 내경 계산
- 지름 간섭량 계산
- 플랜지부 외경 계산

2.3.5 S-Shaft

탈수시 기어하우징(A)를 통하여 전달되는 토크를 탈수통에 전달한다. 제반 변수결정에 필요한 필요 입력변수와 변수결정 과정은 다음과 같다.

입력변수 : 전달동력, 회전수, 최대 전달토크, 내경, 허용 전단응력, 횡탄성계수

변수결정 과정 : 최소 외경 결정

- 회전수, 전달동력 및 최대 전달 토크 결정

2.3.6 볼 베어링

기어하우징과 S-shaft를 지지하는 기능을 수행한다. 제반 변수결정에 필요한 필요 입력변수와 변수결정 과정은 다음과 같다.

입력변수 : 탈수통의 편심에 의한 힘, 폴리에 의한 힘, 요구수명시간, 기어하우징 최소 외경, S-Shaft 최소 외경, 길이

변수결정 과정 : 베어링에 작용하는 힘 계산

- 상부 베어링 동등가 하중 계산
- 상부 베어링 기본 동정격 하중 계산
- 하부 베어링 동등가 하중 계산
- 하부 베어링 기본 동정격 하중 계산
- 베어링 모델 선정
- 기어하우징 외경, S-shaft 외경 결정

2.3.7 클러치 스프링

클러치 스프링은 탈수시 스프링 블록에 전달된 동력을 기어하우징(B)에 전달하는 기능을 수행한다. 제반 변수결정에 필요한 필요 입력변수와 변수결정 과정은 다음과 같다.

입력변수 : 전달동력, 회전수, 최대 전달토크, 스프링 권수, 종탄성계수, 마찰계수, 기어하우징 외경, 허용 인장응력, 지점두께

변수결정 과정 : 내경 결정

- 최대 전달 토크 계산
- 최소 두께 계산
- 최소 폭 계산
- 전달동력, 회전수 및 최대 전달토크 결정

2.3.8 브레이크 밴드

브레이크는 세탁시 세탁통의 회전을 억제하고 탈수시 급속제동 기능을 수행한다. 제반 변수결정에 필요한 필요 입력변수와 변수결정 과정은 다음과 같다.

입력변수 : 회전수, 탈수 회전체 질량 관성모멘트, 브레이크 드럼 직경, 드럼과 밴드 마찰계수, 드럼과 밴드 접촉각, 밴드두께, 밴드 허용 인장응력, 슈우재질 허용 압력, 요구 정지시간

변수결정 과정 : 이완축 장력 계산

- 긴장축 장력 계산
- 작용 모멘트 계산
- 슈우 허용 압력 고려한 두께 계산
- 허용 압력 고려한 최소 두께 계산
- 밴드 응력 고려한 두께 계산
- 두께 결정

2.4 자동설계 프로그램

시스템 설계 필요조건들과 요소설계 과정 분석 및 요소설계 기준식 분석결과에 따라 세탁기용 트랜스미션을 이루는 제반 요소가 자동으로 설계되는 프로그램을 개발하였다. 프로그램의 특성은 다음과 같다.

2.4.1 기능

- 사용할 모터의 사양(회전수, 출력, 최대 토크)과 세탁기 요구 내구 수명 및 요소로서 사용될 부품들의 기계적 물성이 주어질 때, 클러치를 구성하는 모든 요소 부품들의 제원이 자동으로 결정된다.

- 시스템 전체를 재설계하거나, 특정 부품만을 재설계 할 수 있다.

- 설계 결과는 도표 및 도면으로 작성된다.

- 설계 제원 뿐만 아니라, 요소에 작용되는 각종 힘, 응력 및 토크 등과 같은 상태변수들도 결정되어 출력된다.

- 설계 과정은 사용자와 대화식으로 진행된다.

- IBM 호환 PC 386급 이상에서 작동 된다.

- 언어는 C++을 사용 하였다.

- 프로그램의 크기는 약 120 kb이다.

2.4.2 구성

이미 알고 있는 입력 데이터가 저장되는 input data file과 각 요소들의 설계 기준식을 적용하여 제반 변수들을 결정하는 요소설계 subroutine, 결

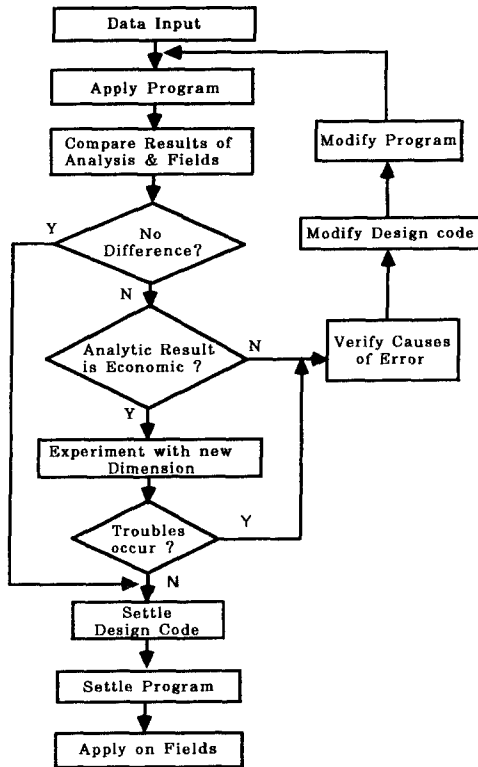


Fig. 8 Diagram of usage principle of the CAD program

정된 변수들을 원하는 형태로 출력 시키기 위한 output data file 및 도면화하기 위한 drawing file 이 있고, 이들을 통합 관리하기 위한 main program으로 구성된다. Fig. 8은 개발된 자동 설계 프로그램을 검증하고 실무에 이용하기 위한 원리도이다.

2.5 결과 및 토의

본 연구에서 탐구된 새로운 설계조건과 설계원칙들을 적용함으로써 세탁기용 트랜스미션으로 대표되는 기계 시스템을 효과적으로 설계할 수 있었다. 개발된 자동설계 프로그램을 이용함으로써 다양한 설계 시뮬레이션을 단기간에 수행할 수 있었으며 설계 실무자로 하여금 설계변수와 상태변수 등에 관한 민감도를 파악하게 하는데 매우 효과적이었다. 본 연구에서 새롭게 제안된 시스템 설계조건들과 설계원칙들은 세탁기용 트랜스미션 뿐만이 아닌 일반적인 기계 시스템 설계시에도 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

또한 빈번하게 사용되는 표준 기계요소들에 대해 용도별로 설계 기준식을 확정하고 그에 따른 자동 설계 프로그램을 개발하여 써브루틴화하면, 복잡한 기계 시스템 설계시에 필요한 요소 설계 프로그램을 손쉽게 불러 쓸 수 있어 설계 업무를 효율적으로 수행할 수 있을 것으로 예상된다.

3. 결론

세탁기용 트랜스미션을 대상으로 하여 시스템 설계시 준수하여야 할 두가지 설계 필요조건과 필요조건을 적용하는데 필요한 두가지 설계원칙을 탐구 제시하였으며 그 내용은 다음과 같다.

- 기능요구조건 : 시스템을 구성하는 요소의 설계 변수는 요소에 요구되는 고유의 물리적 기능을 수행하는 동안에 발생하는 물리량을 견딜 수 있도록 결정 되어야한다.

- 공간배치조건 : 시스템을 구성하는 요소의 설계 변수는 공간적으로 전후 및 내외에 배치되어 접촉을 유지하고있는 다른 요소와의 상대적 결합방법을 고려하여 결정 되어야한다.

- 순차의 원칙 : 시스템을 구성하는 요소의 기능 변수는 동력전달 경로에 따라 순차적으로 결정되어야 한다.

- 팽창의 원칙 : 시스템을 구성하는 요소의 설계 변수중 단면의 제원은 공간적으로 안쪽에 배치되는 요소의 설계변수를 먼저 결정한 후 차차 바깥 요소의 설계변수를 결정해 나가야 한다.

시스템을 구성하는 기계 요소의 상태변수와 설계 변수를 효과적으로 결정하기 위한 설계과정을 제시 하였으며 이들 결과를 이용하여 시스템 자동설계 프로그램을 개발하였다. 제시된 설계조건과 설계원칙을 따름으로써 시스템 설계를 효과적으로 수행할 수 있었으며, 개발된 자동설계 프로그램을 이용함으로써 다양한 설계 시뮬레이션을 단기간에 수행할 수 있었다. 본 논문에서 제시된 시스템 설계조건과 원칙 및 요소설계과정은 세탁기용 트랜스미션 뿐만이 아닌 일반적인 기계 시스템 설계시에도 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- (1) Pahl, G. and Beitz, W., 1988, *Engineering Design*, Springer-Verlag, New York.

- (2) Hubka, V., 1982, *Principles of Engineering Design*, Butterworth Scientific, Trowbridge.
- (3) French, M. J., 1985, *Conceptual Design for Engineers*, Springer-Verlag, London.
- (4) Suh, N. P., 1990, *The Principles of Design*, Oxford University Press, New York.
- (5) ASME, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994 *Design Theory and Methodology*, ASME, New York.
- (6) Ullman, D. G., 1992, *The Mechanical Design Process*, McGraw-Hill, New York.
- (7) 정선모, 1985, "표준 기계 설계학 (상·하)," 동명사, 서울.
- (8) Collins, J. A., 1981, *Failure of Materials in Mechanical Design: Analysis, Prediction, Prevention*, John Wiley & Sons, New York.
- (9) 川崎景民, 1973, "オイルレス ベアリング," アダネ, 東京.
- (10) KBC, 1989, "Ball and Roller Bearings," 한국종합기계, 서울.
- (11) Hicks, T. G., 1987, *Machine Design Calculations Reference Guide*, McGraw-Hill, New York.
- (12) ANSI/AGMA 2001-B88, 1988, *Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth*, AGMA, Alexandria.
- (13) ANSI/AGMA 6123-A88, 1988, *Design Manual for Enclosed Epicyclic Metric Module Gear Drives*, AGMA, Alexandria.