

소형정밀모터의 표준화 및 시험평가기법

김 석 태*
(*기술표준원)

1. 서 론

산업과 사회가 고도화 됨에 따라 사용되는 기기들이 점차 소형화 자동화되어 가고 있으며 이러한 기술추세에 따라 자동화기술의 핵심인 모터와 모터제어기술도 소형, 고정밀화가 요구되고 있다. 특히 OA 기기, AV 기기등에 사용되는 멀티미디어용 소형정밀모터는 영구자석동 모터 소재의 개발과 제어기술이 발전함에 따라 점차 소형 정밀화되고 있다. 또한 소형정밀모터의 수요가 매년 증가하고 있으며 종류도 다양해지고 있다. 이와 같은 소형정밀모터 시장확대에 따라 국내에서도 많은 설비투자가 이루어지고 있으나 관련부품 및 시험평가에 대한 규격과 기준이 마련되어 있지 않아 생산된 모터의 성능을 평가할 수 없으며 그 결과 소형정밀모터와 관련된 기술개발 및 경쟁력확보의 저해요인이 되고 있다.

특히 시험평가 기술이란 소재, 부품, 제품 및 설비 등을 대상으로 하여 그 각각이 가지고 있는 성능, 내구성, 안전성, 신뢰성 등에 관한 특성에 대해 공인된 일정한 기준 또는 특수한 조건에서 시험 및 평가를 통하여 표준화된 객관적인 결과를 얻어내는 기술을 말한다. 이 기술은 모든 제품에 공통적으로 적용되기도 하며 그 결과에 대해서는 객관성을 가지게 됨으로 기반기술로 볼 수 있다. 이러한 시험평가기술을 통하여 일차적으로는 평가대상에 대한 객관적 판단이 가능함은 물론 그 결과로부터 성능 및 수명 연장 방법의 도출, 손상에 대한 보수, 신제품 설계 등 많은 부수적인 효과를 얻을 수도 있다. 특히 최근에는 새로운 제품이 많이 개발되고 이에 따라 기존의 제품을 대체해야하는 경우 수요자로서는 그 제품에 대한 인증을 위해서는 필수 불가결하다.

그러나 우리나라는 선진국의 기술을 모방하는 수준에서 주로 연구하여 왔기 때문에 연구개발과정에서 정성적, 정량적, 정밀평가를 위한 시험, 평가기술의 개발 필요성에 대한 인식이 부족하였다. 그결과 시험, 평가 기술은 선진국에 비하여

여 기술수준이 5~10%에 불과한 것으로 판단된다. 그러나 시험평가 및 계측기술에 대한 기술력을 확보하지 않으면 새로운 제품 및 기술에 대한 객관적인 인증이 불가능하므로 선진국의 경우에는 연구개발과제의 수행과정에서부터 개발결과의 중간확인은 물론 기술개발 그 자체의 수행을 위한 시험, 분석, 계측기술을 동시에 개발하고 있는 실정이다.

이러한 상황을 고려해 볼 때 소형정밀모터에 대한 기술력의 확보와 개발된 모터에 대한 국제적인 신뢰성을 인정받기 위해서는 그와 관련된 규격화 및 시험평가 기법의 개발이 시급하다고 판단된다.

따라서 본고에서는 국내외의 소형정밀 모터와 관련된 규격에 대하여 소개하고 소형정밀모터의 시험평가 방법의 예로써 BLDC모터의 시험평가 방법에 대하여 소개하고자 한다.

2. 소형정밀모터의 관련규격 현황

2.1 소형정밀모터의 관련규격

국내외적으로 소형정밀모터와 관련된 전용의 규격은 극히 제한되어 있는 실정이며 일반적인 사항에 대해서는 일반모터의 규격에 준하고 있으며 세부사항에 대해서는 일반모터의 관련규격을 참고하고 있는 실정이다. 따라서 소형정밀모터의 관련규격으로는 일반적인 모터의 규격을 참고하여야 한다. 표1~표3은 유럽, 미국, 일본의형정밀모터와 관련된 일반모터의 관련규격을 나타내고 있다.

표 1. 유럽규격

| 규격 | 주관 기관 | 내 용 |
|------|---|-------------------|
| BSI | British Standard Institution | 영국표준협회 규격 |
| NF | Norm France | 프랑스 국가규격 |
| DIN | Deutsche Normen | 독일 국가 규격 |
| VDE | Verband Deutsche Electrotechniker e.v | 독일전기 기술자 협회규격 |
| ROCT | GOST : State Committee On Standard USSR | 러시아연방 국가 표준 인정 규격 |



표 2. 미국규격

| | | |
|------|--|--------------------|
| NEMA | National Electrical Manufactures Association | 미국 전기제품제조업자협회 표준규격 |
| ASA | (American Standard Association) | 미국국가규격 |
| CSA | Canadian Standard Association) | 캐나다 국가규격 |
| UL | Underwriters Laboratories | 미국 단체 규격 |
| SMMA | Small Motor Manufacture Association | 소형모터생산조합규격 |

표 3. 일본규격

| | | |
|-------|---|---------------|
| JIS규격 | Japan Industrial Standard | 일본공업규격, 국가규격 |
| JEC규격 | Japan Electrotechnical Committee | 일본전기규격 조사표준규격 |
| JEM | Japan Electric Machine Industry Association | 일본전기공업회규격 |
| MAS | Japen Machine Tool Builder association standard | 일본공작기기 공업회규격 |

2.2 SAMMA 규격

유도전동기 및 일반전동기에 대한 규격은 한국, 일본, 유럽 및 미국등에서 제정되어 있으나 브러시리스모터, 스텝모터등과 같은 소형제어용모터에 대한 전용의 규격은 극히 제한적으로 제정되어 있는 실정이다. 소형제어용모터에 대한 규격으로 미국의 소형모터제조업자 협회에서 제정한 SMMA규격이 현재에는 유일한 규격이라고 할 수 있다. SMMA규격은 표 4와 같은 규격으로 구성되어 있다.

SMMA 규격중 BLDC1의 규격은 소형 브러시리스모터에 관한 규격으로 정의, 용어, 구조, 일반 규격, 성능, 참고문헌 순으로 1장부터 6장까지 구성되어 있다. 그림 1은 BLDC1 규격에 대한 목차를 나타내고 있다.

표 4. SMMA 규격 구성

| 규격명 | 규격번호 | 제 목 |
|------|-------|--|
| SMMA | BLDC1 | Brushless DC Motor Standard |
| SMMA | DC1 | DC Stepping Motor Standard |
| SMMA | DCT1 | DC Tachometer |
| SMMA | GMT1 | General Motor Terminology |
| SMMA | PMM1 | Permanet Magnet Motor Standard |
| SMMA | PSC1 | Permanet Split Capacitor Motor Standard |
| SMMA | SPM1 | Shaded-Pole Motor Standard |
| SMMA | TR11 | Technical Reference Information for Brushless and Contacts |
| SMMA | TRM1 | Technical Reference Information for Magnets |
| SMMA | UM1 | Universal Motor Standard |

| |
|---------------------------------|
| I 정의 .. |
| II 용어(TERMINOLOGY) |
| a) 모터 용어 |
| b) 전자 용어 |
| III 구조(CONSTRUCTION) |
| a) 모터구조 |
| b) Digital encoder logic |
| IV 일반 규격(specification) |
| a) 특별한 설계 규격 |
| b) 특별한 적용 규격 |
| V 성능 |
| a) Motor performance parameters |
| b) 회로 파라미터 |
| c) 일반적인 시험법 |
| d) Curves |
| VI 참고문헌 |

그림 1. BLDC1 규격 목차

2.3 IEC의 최근 동향

IEC (International Electrical Committee : 국제 전기 표준회의)는 제어용 모터의 규격 [IEC-34-20]을 소위원회로 제정준비중에 있다. 이규격의 내용은 종래의 IEC회전기 규격 IEC34에 비하여 기술적인 수준이 높은 것이아니라 표면적으로 보면 통상의 공업규격과 같다. 그러나 CE마킹이 이 규격을 참고로 할 것은 틀림없으며 본규격의 제정은 유럽을 중심으로 이루어지고 있어 인증사업과 기술적인 자문과 관련된 사업에서 유럽이 주도적인 역할을 할 것으로 판단된다. 따라서 이와 관련된 규격을 가지고 있지않을 경우 인증수속이 늦어지고 제품의 경쟁력이 떨어지는 결과를 초래할 수 있다.

이러한 IEC규격은 표 5와 같이 4부로 구성되어있으며 제어모터와 제어장치에 관련된 요소를 다루고 있다.

표 5. IEC-34-20규격의 구성

| 항 목 | 내 용 |
|-------|---------------|
| 제 1 부 | 제어모터 |
| 제 2 부 | 피드백요소 |
| 제 3 부 | 보조적인 전자기술 |
| 제 4 부 | 기계부품 및 전기기기부품 |

각부는 장으로 나누어져 정의, 기호 및 번호, 요소(정격, 외피, 성능), 시험법 및 명판과 단자판을 다루고 있다. 현재는 [제1부 : 제어모터] IEC34-20-1의 규격작성을 진행중에 있으며 가까운 시일안에 발표될 것으로 보인다.

IEC34 -20-1의 규격위원회가 발족된 1994년에는 전체 제어모터를 대상으로 검토를 하기 시작하였으나 규격화 작업의 어려움과 복잡성에 의하여 현재는 (1) 브러시형 직류모터, (2) 동기모터, (3) 브러시리스모터, (4) 스텝모터에 대한 규격화를 하고 있다.

이러한 IEC34-20-1의 규격은 그림2와 같이 모두 5장으로

소형정밀모터의 표준화 및 시험평가기법

구성되어있다 제1장은 [일반]이고 제2장은 [정의], 제3자는 치수로서 외형 및 취급법등의 표준프레임크기를 표기하고 있다. 제4장은 시험법, 제5장은 [인터페이스데이터]로 구성되어있다.

3. 브러시리스모터의 시험평가방법

브러시리스모터의 시험평가 항목으로는 크게 (1) 토크, (2) 관성모멘트, (3)속도, (4) 온도, (5)소음 진동, (6) 코킹 및 와우플러터 가 있다. 본장에서는 이와 같은 시험항목에 대한 대표적인 시험방법에 대하여 소개하고 마지막으로 시험분석설비 사용기술을 설명하고자 한다.

3.1 토크 시험측정

토크에는 마찰토크, 기동토크, 가속·감속토크, 정상부하토크, 피크토크, 토크리플, 실효토크가 있으며 이와같은 토크들에 정확한 시험평가는 모터성능에 대한 기준 으로 중요한 요소가 된다.

3.1.1 마찰 토크

주로 정지 마찰토크 중 직류모터의 경우 ① 브러시와 정류자 사이의 마찰 ②베어링의 점성마찰, ③자기적 흡인 토크에 의한 마찰등이 있으나 브러시리스모터의 경우에는 브러시와 정류자간의 마찰토크가 없다. 또한 일반적으로

모터에서는 베어링과 자기흡인력에 의한 마찰 토크가 필연적으로 발생하나 사용하는 베어링의 종류와 철심의 구조에 따라 이러한 성분들이 크게 틀러지므로 마찰 토크의 각각의 성분을 측정하기가 극히 어려우므로 전체적인 마찰토크를 측정하는 것이 일반적이다.

정지시에 마찰 토크의 간이적인 측정법은 그림 3에 보인바와 같이 브러시리스모터에 통전하는 DC 정전압(가변) 전원의 인가전압을 영

으로부터 조금씩 올라가며 모터의 기동시 직전의 전류를 DC전류계에 의해 얻는 방법으로 이때 얻어진 전류치로부터 식(1)의 토크공식을 이용하여 마찰토크를 얻는방법과 그림4와 같이 플리법을 이용하는 방법이 있다.

$$T_f = K_T I_a \quad (1)$$

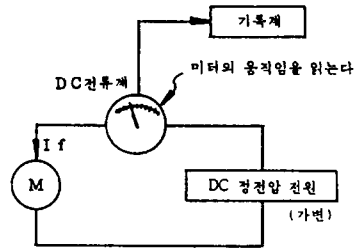


그림 3. DC전류에 의한 방법

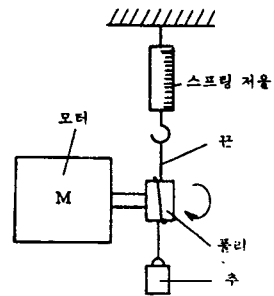


그림 4. 플리법

3.1.2 기동토크

기동토크는 어떤 전압을 가할 경우 모터가 기동하는 순간 또는 구속 사용중에 발생하는 토크를 말하며 기동 토크는 모터의 인가전압에 대하여 전류 I_a 를 실측하면 식(1)에 의해 구해진다. 기계적으로 기동토크를 측정하는 방법의 일례로서 그림5에서 보인바와 같이 모터의 회전축에 암을 연결하고 모터를 기동시킬때의 암의 압력을 로 드셀로 측정하는 방법이 있다.

3.1.3 가속, 감속토크

가속토크는 모터를 시동시킬 경우에 발생하는 토크에 의해서 모터가 부하를 움직일 때의 토크를 말한다. 가속토크는 정전류가속의 경우 식(2)로 표현된다.

$$T_{ac} = K_T \cdot I_{ac} = \frac{2\pi N \cdot J}{60 \cdot t_{ac}} \quad (2)$$

여기서 K_T , I_{ac} , N , J , t_{ac} 는 각각 토크 정수, 가속전류, 회전수, 관성모멘트 및 정속도 달성시간을 나타낸다. 예를 들면 모터의 가속특성이 그림 6과 같을 경우 모터의 관성모멘트를 구할수 있고 이관성모멘트를 이용하여 식(2)에 의해 가속 및 감속토크를 구할 수 있다.

| |
|--------------------------|
| 서론 |
| 1장 일반 |
| 1.1 범위 |
| 1.2 표준적 참고문헌 |
| 1.3 물리량과 단위의 기호 |
| 2장 정의 |
| 2.1 일반 |
| 2.2 기계적정류모터 |
| 2.3 동기모터류 |
| 2.3.1 동기모터 |
| 2.3.2 전기적정류(브러시리스)모터 |
| 2.3.3 스테핑모터 |
| 3장 치수 |
| 3.1 기계적정류모터의 설치용치수법(메터법) |
| 3.2 동기모터류 |
| 3.2.1 전기적정류(브러시리스)모터 |
| 3.2.2 스테핑모터 |
| 4장 시험법 |
| 4.1 일반 |
| 4.2 기계적정류모터 |
| 4.3 동기모터류 |
| 4.3.1 전기적정류(브러시리스)모터 |
| 4.3.2 스테핑모터 |
| 4.3.3 스테핑모터의 부수적시험법 |
| 5장 인터페이스데이터 |
| 5.1 기계적정류모터 |
| 5.2 동기모터류 |
| 5.2.1 전기적정류(브러시리스)모터 |
| 5.2.2 스테핑모터 |
| 부록 A : 기호와 약자 - 일반 |
| 부록 B : 기호와 약자 - 스테핑모터 |

그림 2. IEC-34-20-1의 초안 내용

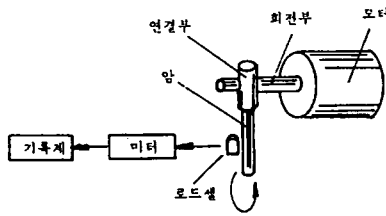


그림 5. 기동토크 측정법

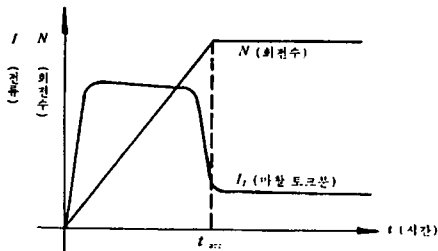


그림 6. 모터의 가속특성

3.1.4 정상부하 토크

정상부하토크는 모터에서 가감속제어에 대하여 그 구간에서 정속, 정부하로 운전할 경우에 부하가 요구하는 토크를 말한다. 이와같은 상태에서 전류를 측정하면 정상부하토크는 식 (1)로부터 구할 수 있다. 모터의 회전수가 약간 변동하여도 전류의 변화만을 보면 부하토크를 알 수 있다.

3.1.5 최대 토크

최대토크는 모터에 허용되는 최대전류를 흘렸을 경우 발생하는 토크를 말한다. 최대토크는 전류능력(즉 정류자모터의 경우에는 브러시와 정류자에 의한 정류능력), 내열능력, 기계적강도, 감자특성등의 여러 가지 조건에 제약을 받는다. 따라서 최대토크를 적용할 경우에는 회전수, 피크지속시간 및 빈도등을 고려하여야한다.

3.1.6 토크리플

토크리플의 측정에서는 모터의 정지시와 동작시의 측정이 있으나 동작시에 측정에서는 정지시와 마찬가지로 동작시의 측정의 경우에는 모터에 일정전류를 흘릴 필요가 있다. 토크리플의 측정예로써 그림 7과 같은 방법이 있다.

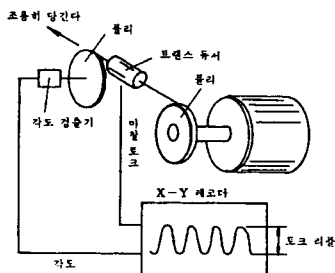


그림 7. 토크리플 측정예

3.1.7 실효토크

모터의 발생토크에는 전류에 비례하는 모터를 복잡한 duty로 사용하는 경우의 중요한 요소의 1가지는 모터내부에서의 발열, 내열능력이다. 모터의 발열은 전류의 2승에 비례하기 때문에 내열능력을 고려한 경우 어떤 duty로 운전하는 경우의 토크는 각과정에서의 토크의 2승의 평균치로 보는 것이 편리하며 이것을 실효토크라고 한다.

이 실효토크 T_{rms} 는 토크의 2승의 법칙에 의하지만 duty cycle이 각각의 경우 다르기 때문에 T_{rms} 를 직접 측정하는 것이 곤란하다. 따라서 일반적으로는 각 과정에서 측정된 토크를 시간축상에서 그리고 토크 2승의 평균치를 측정하는 방법이 사용되고 있다. 현재 모터를 그림8에 보인 바와 같이 duty pattern으로 구동하는 경우를 생각해여 보면 이모터의 실효토크 T_{rms} 는 식(3)으로 구할 수 있다.

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{1}{t_c} \int_0^{t_c} T^2 \cdot dt} = \left[\frac{1}{t_c} (T_{ac} \cdot t_{ac} + T_L^2 \cdot t_L + T_{dec}^2 \cdot t_{dec}) \right]^{1/2} \quad (3)$$

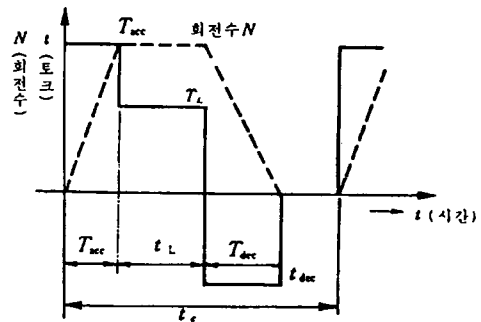


그림 8. 듀티패턴

3.2 회전속도의 측정

주로 스트로보스코프를 사용하여 펄스광의 발광회수를 m, 회전체의 회전수를 N, 스트로보이미지를 S_n 으로 하면 스트로보스코프의 이미지수는 식(4)와 같다.

$$S_n = \frac{m}{N} \quad (4)$$

즉 스트로보스코프의 발광회수 m이 회전수N의 정수배인 경우 스트로보의 이미지수 S_n 은 정수로 분다. 또한 발광회수 m이 정수분의 1인 경우 스트로보 이미지의 수 S_n 은 모두 1로 보인다.

3.3 관성모멘트의 측정

관성모멘트를 측정하는 방법에는 그림9에 보인바와 같이 1선 매달기법과 2선 매달기법이 있다. 이때 각각에서 얻

소형정밀모터의 표준화 및 시험평가기법

어진 측정치에 대한 관성모멘트는 각각 식(5), 식(6)에 의해 구한다.

$$J = \frac{\omega r^2 T^2}{4\pi^2 l} \quad (5)$$

여기서 r , l 은 피측정회전자의 반경 및 실의 길이를 나타낸다.

$$J = J_a \cdot \left(\frac{t_a}{t_b}\right) - J_b \quad (6)$$

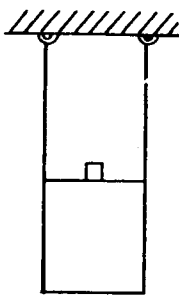
J : 관성모멘트

J_a : 마스터실린더와 접속부재의 관성모멘트

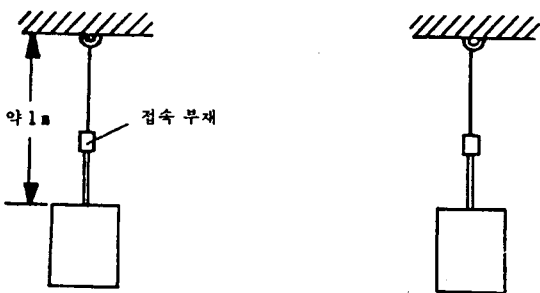
J_b : 접속부재의 관성모멘트

t_a : 피측정 회전자부와 접속부가 20회 회전하는데 요하는 시간

t_b : 마스터실린더와 접속부재가 20회 진동하는데 요하는 시간



(a) 2선 매달기



(b) 1선매달기

그림 9. 관성모멘트 측정법

3.4 전류의 측정

모터에서 직류에 저항을 삽입하고 이저항의 양단의 전압을 측정하여 표시하는 것이 일반적인 전류계라고 한다. 그러나 이와같은 방법으로는 정확한 값을 측정할 수 없으므로 정확한 값을 얻기 위해서는 다음의 2가지 방법이 많이 이용된다.

1) 직류모터에 그림10과 같이 직렬로 저항을 삽입하고 이저항의 양단의 전압과형을 스코프에 연결하여 구하는 방법이다.

2) 모터에서 직렬로 저항을 삽입하면 전압강하가 생기기 때문에 이것을 없애기위해서 저항값이 아주 작은 코일을 사용하고 이코일에 전류가 흐름에 따라 자계가 발생하는 원리를 사용한 방법이다. 우선 그림에서와 같이 철심에 굵은 동선을 감고 절연을 한다. 앞에서 기술한 철심의 공극부에 이홀소자를 삽입한다. 이홀소자는 가장 정밀한 것을 사용하여야 한다. 즉 선형성이 좋고, 온도특성이 좋은 것을 사용하여야 한다. 또한 단자전압의 불평형전압도 규정되어있다. 이와 같이하여 드리프트 및 그이외의 문제가 해결된 홀소자를 사용하고 또한 이홀소자에 의한 출력시호를 OP앰프등으로 증폭하지 않으면 안된다. 이때 사용하는 OP앰프도 드리프트, 선형성을 충분히 고려하여야 한다.

3.5 온도특성의 측정

3.5.1 온도계수법

모터 브라켓에 열전대를 설치하고 타점기록계를 이용하여 기록한다. 그러나 이방법은 모터표면의 온도만을 측정할수 있으므로 사용자가 측정하는 것에 알맞은 방법이다. 그러나 메이커에서는 실

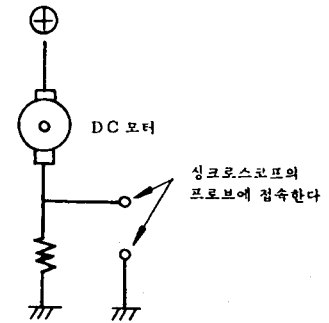


그림 10. 전류측정법

제 모터내부에 열전대를 내장하여 특성검사를 하여야 한다.

3.5.2 저항법

모터의 권선은 온도상승에 의해 저항이 변하므로 계산에 의해 권선온도를 구하는 방법이다. 이 방법으로는 모터운전중에는 측정할 수 없으므로 모터 정지후에 운전중의 권선 저항의 값을 추정하는 방법으로 여 구한다. 구해진 값을 사용하여 식(7)에 의해 온도를 구한다.

$$\theta = \theta_2 - \theta_3 = \left(\frac{R_2}{R_1}\right) \cdot (T + \theta_1) + (\theta_1 - \theta_3) \quad (7)$$

이러한 스트로보이미지를 사용하는 방법은 모터에 직접 부하가 걸리지 않기 때문에 우수한 방법이지만 다수의 모터의 회전시간을 단시간으로 특정하는 경우에는 좋지않다. 이것은 회전체에 생기는 스트로보이미지를 보면서 주기를 잡을 필요가 있기 때문에 시간이 걸린다.

3.6 진동의 측정

일반적으로 진동기에는 전자기력에 의한 진동, 소음또는 기계부품에 기인하는 진동소음등 각종의 진동소음이 발생한다. 이발생원인을 완전히 해명하기 위해서는 적절한 측정기기 및 측정방법을 사용하여 저감대책과 연계한 데이터를 얻어야한다. 진동측정의 기본적인 방법은 정지기준점에 대

한 상대 변위의 측정이며 일반의 진동계에서는 기준점을 얻는 것이 곤란하고 진폭이 작아서 진동수가 많은 경우에는 더욱 곤란하다. 그러므로 진동계의 대부분은 흔들리는 추의 원리를 이용하여 그지점을 피측정물에 의해 강제 진동시켜 그때 흔들리는 추의 움직임에서 피측정물의 움직임을 계측한다.

진동계의 분류의 한예를 표에 보였다. 사용 때에는 진동현상의 내용 및 측정목적에 의해 적당한 방식을 선택한다. 이와 같은 진동계를 사용하여 진동을 측정할 경우 회전체의 진동 또는 미소부분의 진동측정에 대하여 통상의 피크업의 설치가 곤란하므로 이와 같은 경우에 비접촉형의 진동계를 사용한다. 그림11에 레이저 도플러 진동계의 블록도를 보이고 있고 운동하는 입자로부터 산란된 레이저광이 도플러 시프트하는 것을 이용하여 비접촉으로 진동을 측정하는 한예이다. 진동주파수 DC~0.74MHz 진동속도 $10^{-6} m/sec \sim 3 m/sec$ 까지 측정할 수 있다. 또한 다음그림은 모터의 브러시진동 측정의 한예로써 레이저광이 통과하는 간격이 있으면 측정할 수 있는 것이 하나의 특징이다.

표 6. 진동계의 분류

| | |
|----------------|---|
| 피크업의 출력에 의한 분류 | 가속도 피크업(입력가속도에 비례한 출력이 생긴다.) 속도피크업(입력속도에 비례한 출력이 생긴다.) 변위 피크업(입력변위에 비례한 출력이 생긴다.) |
| 피크업의 변환에 의한 분류 | 동전형피크업 압전형피크업 비접촉형(전자 광학식, 와류식) 기타(변형계이지, 피에조 저항형) |
| 진동수에 의한 분류 | 저역용 진동계 (약 100Hz 이하) 중역용 진동계 (약 10~1000Hz) 고역용 진동계 (약 1k ~10kHz) |

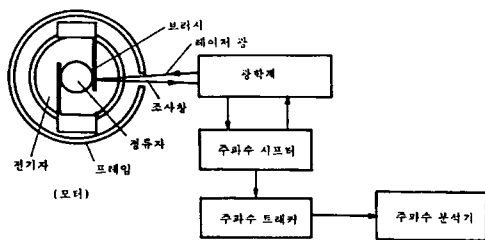


그림 11. 레이저 도플러를 이용한 진동측정에

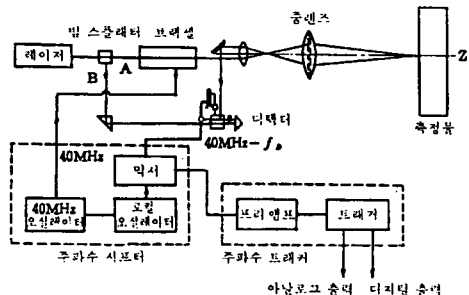


그림 12. 소형모터의 브러시 진동측정에

3.7 시험분석설비 사용기술

소형 모터의 출력과 효율은 토크, 회전수 및 입력을 측정하여 구할 수 있다. 그림 13은 토크의 측정방법으로 측정방식에 따라 액션방식 및 리액션방식으로 분류할 수 있다. 토크센서는 이러한 토크 측정방식으로 선정하고 토크는 이것들과 부하장치를 조합하여 측정한다.

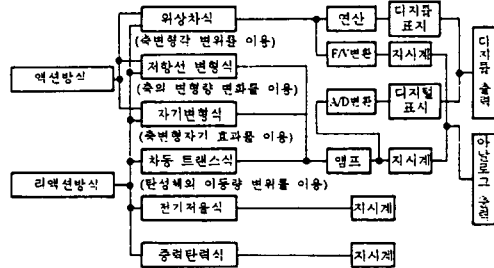


그림 13. 토크 측정방법

표 7. 부하장치의 주요원리와 특징

| 부하장치 | 원리 | 장점·단점 |
|-------------|---|---|
| 히스테리시스 브레이크 | 고정된 요크의 겹에 자계를 발생시켜서 그 자계 중에서 히스테리시스 모터를 테스트 모터로 회전시킬 때 자기 마찰을 발생시켜 브레이크 힘을 준다. | (1)maintenance free (2)구속 토크측정 가능 (3)관성 모멘트가 크다. (4)저속에서 코깅이 발생 |
| 와전류 브레이크 | 테스트 모터에 도전성 원판을 직결하고 이 양측에 설치한 여자코일에 직류전류를 흘리면 발생자속에 의해 회전원판에 교번자계가 발생, 와전류를 흘려서 제동력에 의해 부하가 걸린다. | (1)구조가 간단 (2)maintenance free (3)저속시는 토크의 흡수가 불가능 |
| 프로나 브레이크 | 테스트 모터 출력축에 외부에서 마찰 브레이크를 가하여 부하크기를 조절하고 각 회전수에 의한 토크를 스프링 또는 로드셀 등으로 검출하여 측정한다. | (1)관성 모멘트가 작다 (2)제작비가 저렴 (3)풀리 직경의 교환에 의해 토크 측정 범위가 넓어진다 (4)토크환산시 오차가 크다 |
| 파우더 브레이크 | 로터와 스테이터의 겹에 자성철분(파우더)을 넣어서 스테이터의 여자코일에 직류전류를 보내면 자속이 생기고 파우더는 겹 안에서 쇠상으로 연결되어서 제동력이 생긴다. | (!)고토크의 흡수 가능 (2)구속토크의 측정가능 (3)고속회전이 불가능 (4)토크의 손실이 크다 |
| DC 모터 브레이크 | 테스트 모터에서 직류모터를 회전시키면 발지가 되고 이 발생 전력을 전원에 회생함에 의해 제동작용을 한다. | (1)무부하 회전수 등 광범위하게 측정가능 (2)전원기기가 비싸다 (3)브러시 수명이 짧다. |

3.7.1 부하장치의 종류

표 7은 일반적으로 사용되고 있는 5종류의 부하장치의 주요원리와 특징을 제시한다. 이것들은 소형모터의 회전수 토크 및 출력 등에 맞춰서 선정된다

3.7.2 소형모터 토크측정기의 이론

그림 14에 나타난 실과 추에 의한 방법은 회전자의 플리에 실을 소형 모터의 회전방향과 역방향으로 감아달고 이 끝에는 스프링만을 연결하고, 다른 끝에 추를 매단다. 이 방법은 추 \overline{W} 를 변화시킴에 의해 속도가 변화하고 그 때의

소형정밀모터의 표준화 및 시험평가기법

토크는 아래식에 의해 얻어진다.

$$T = r(W - \omega)[gf \cdot cm]$$

여기서, T : 브레이크 토크 [gf·cm], r : 풀리반경 [cm],
W : 추의 중량 [gf], ω : 스프링만의 표시값 [gf].

이 상태에서 추만을 증가해가면 모터의 회전수는 점점 낮아지고 결국에는 정지해 버린다. 이 정지시의 소형 모터의 토크는 위 식으로 계산되고 이것이 시동토크가 된다. 회전수는 모터에 무점측으로 측정할 수 있는 스트로보스코프 등에 의해 측정한다. 그림 15를 소형 코아리스 모터의 대표적 특성 예를 나타낸다.

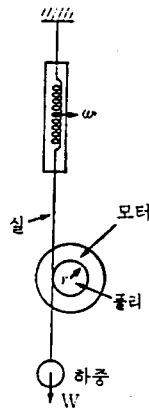


그림 14. 실과추에 의한 방법

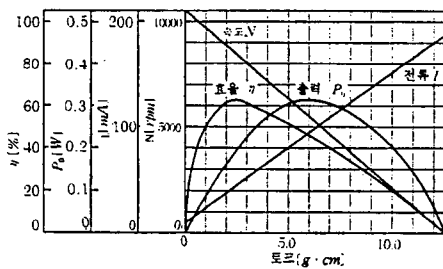
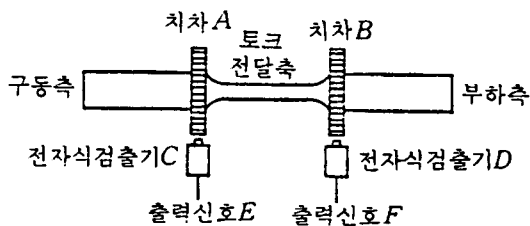
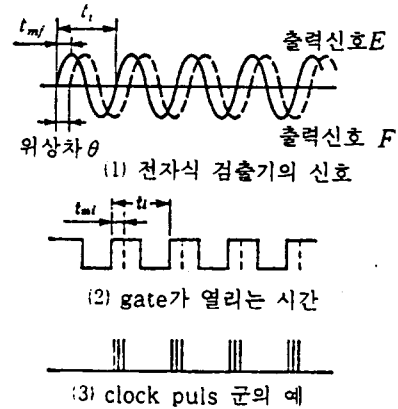


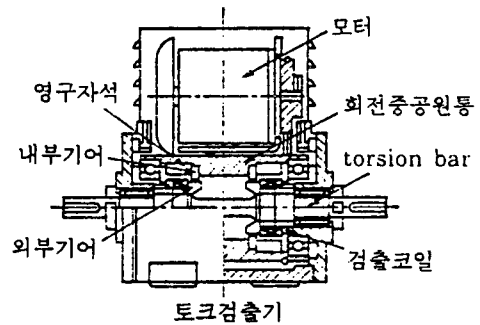
그림 15. 코아리스 모터의 특성



(a)



(b)



(c)

그림 16. 위상차식 토크 검출기

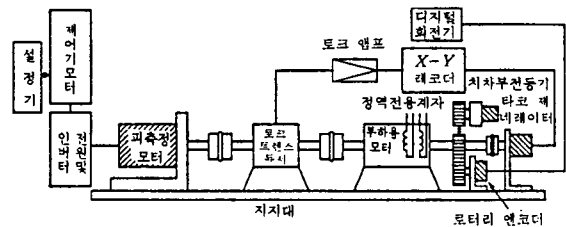


그림 17. 속도특성 측정장치

(1) 위상차식 토크 검출기

토크 측정방식 중 위상차를 이용한 토크 검출기의 원리를 그림 16에 나타낸다. 그림 16의 (a)에서는 토크 전달축에 고정된 2개소의 기어와 마주하여 배치한 전자식 검출기에 의해 토크는 비례한 뒤틀린 각을 출력신호로서 뽑아낸다. 그림 16(b)에서도 토크 전달축으로부터 비점측식으로 위상차가 있는 두 개의 교류전압을 출력신호로서 검출되며, 이것을 디지털 처리하여 토크가 얻어진다. 그림 16(c)는 이 토크 검출기의 구조를 나타낸다.

(2) 토크-속도 특성

그림 17의 특성측정 장치에 있어서 피측정 모터의 회전수는 로터리, 엔코더에 의해 측정하고 토크는 부하용 모터



의 정역전용 계자전류를 제어하고 회전부의 값을 부드럽게 측정할 수 있다. 즉, 부하용 모터를 정역전시킴에 따라 피측정 모터의 부하를 걸거나 거꾸러 피측정 모터가 부하용 모터의 부하로 되는 것에 따라 피측정 모터의 마찰부하분을 제거할 수 있다. 피측정 모터에 의해 부하용 모터를 끌어당기는 경우는 변환기의 지시 토크는 $T_{s1} = T - T_m$ 이 되고 피측정 모터가 부하용 모터에 의해 이끌리는 경우는 토크 변환기의 지시토크는 $T_Q = T - T_m$ 가 된다.

여기서, T : 피측정 모터의 발생 토크,

T_m : 피측정 모터의 마찰 토크

여기서, T_m 을 제거하여 $T = (T_{s1} - T_Q)/2$ 식에서 피측정 모터의 발생 토크를 측정할 수 있다.

고속용의 피측정 모터에서는 토크의 측정시에 있어서 토크 변환기의 기계손을 무시할 수 없는 장치에서는 피측정 모터를 커플링보다 벗어나고 장치의 토크 속도 특성을 약 10krpm까지 증가시켜서 각 속도의 보정으로 한다.

코깅 토크는 피측정 모터와 부하용 모터를 전기적으로 떼어내서 기어드(g geared)에 의해 결국 저속으로 축을 회전시킨다. 이때의 타코 제너레이터의 출력 및 토크 변환기의 출력을 X-Y레코더에 입력하여 프롯(plot) 시킨다. 코깅 토크가 큰 경우는 커플링에 덜그럭거림이 없는가 조사해 볼 필요가 있다.

4. 결 론

본고에서는 소형정밀모터의 규격화 및 시험평가기법에 대하여 언급하였다. 소형정밀모터의 규격화는 현재 유럽 및 미국이 주도하여 이루어지고 있으며 또한 일본도 이에 대한 대응을 모색하여 규격화를 시도하고 있는 실정이다.

이러한 규격화의 중요내용은 시험평가기법에 대한 정확한 정의와 기법을 개발하여야 한다. 따라서 국내의 소형정밀모터 기술의 발전과 세계시장에서의 경쟁력을 확보하기 위해서는 세계적인 규격화의 흐름에 맞추어 대처해나가야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 백수현 저, "소형모터설계 편람", 1988.
- [2] 전기학회 정밀소형전동기 조사위원회 저, "小形모터".
- [3] 전자부품 종합기술연구소, "정밀모터 분야 한·일 전문가 초청강연", 1997.
- [4] Takashi Kenjo, "Stepping motors and their microprocessor controls", Oxford press, 1984.
- [5] NIKKEI MECHANICAL, "IEC가制御モータの規格化を檢討", 1997.2.3 No.499.

저 자 소 개



김석태(金錫台)

1977년 명지대 전기공학과 졸업. 1978년~1999년 5월 국립기술품질원 차세대산업부 회전기기시험평가센터 1999년 6월 기술표준원 차세대산업부 회전기기연구실