

고효율 모터 선정을 위한 전문가 시스템

김광현, 임채권*, 이재신
전남대학교 공과대학 전기공학과

Expert System for Selection of Motor with High Efficiency

Kwang-Heon Kim, Chae-Kweon Im*, Jae-Sin Lee
Department of Electrical Engineering
Chonnam National University

ABSTRACT

This paper describes the development of a software that has the man expert knowledge, experience and inference. This software is helpful for selecting the motors and driving systems which are best fit for the applications. Developed software can automatically select the most reasonable motor driving systems, only if a semi-skilled engineer inputs the performance criteria for the applications and mechanical data. Expert system inference engine and knowledge-base are implemented by C programming language. Data-base was implemented from manufacturer's catalogues for DC motors and brushless DC motors. Efficiencies of the various motor driving systems are compared reference on the average efficiency depends on the operating profiles. Developed expert system was tested in various of applications to verify the reliability, quick and easy selecting of the motor driving systems.

1. 서론

많은 산업현장에서 기존 모터 구동시스템의 고장 발생시 모터 구동시스템에 대한 비전문가(생산설비의 운전자와 설계자 및 모터 구동시스템의 판매자 등)가 모터와 구동시스템의 교체 또는 새로운 선정을 하고자 할 때, 적용목적에 대해 최적성능을 만족하면서 고효율인 모터 구동시스템을 선정한다는 것은 많은 시간과 전문지식을 필요로 한다. 비전문가는 제품 선정시 전문지식 (즉, 카탈로그에 나와 있는 각종 파라미터의 정확한 의미 혹은 의미를 알더라도 토크나 관성 계산시 어떤 파라미터, 어떤 식에 적용할지 등)의 부족으로 보통 필요 이상의 정격을 갖는 저효율 고가의 구동시스템이나 적용 목적에 부합하지 않는 구동 시스템을 선정하는 경우가 많다. 따라서, 생산시설의 장시간 파비를 초래하여 생산제품의 질 저하 및 생산성 저하 등으로 영향을 미치게 된다. 이러한 문제점 때문에 전문가의 지식과 추론을 갖는 소프트웨어에 의해서 적용 목적에 대해 최상의 성능과 요구조건을 만족하고 가장 효율이 높은 모터 구동시스템의 선정에 신속정확하고 일관성이 있는 대응이 생산설비의 설계자 및 운전자에게 반드시 필요로 한다.

서보 모터 구동시스템의 선정을 위한 전문가 시스템

의 프로그램 개발에 관한 연구^[1]는 최근에 국제 학술 회의에 보고되었다. 그러나 발표된 연구 보고는 유도 모터의 인버터 선정에만 연구범위를 국한시키고 있으며, 적용부하에 따라 인버터의 최대 과전류 정격을 계산하고, 이 값을 만족하는 인버터를 선정하는 것이다. 그리고 모터의 특성과 구동시스템의 조합에 의한 운전 특성을 각종 모터 시스템에 대해 비교 검토한 연구^{[2]-[4]}가 보고되었다. 이러한 연구는 이상적인 구동시스템 조건하에서 운전되는 경우 모터의 설계 파라미터로 표현되는 모터의 동작 특성을 정성적으로 분석한 것으로, 비전문가가 이 연구 결과를 소프트웨어화 하였고, 모터 구동시스템의 특성을 평가하거나 고효율 모터 구동시스템을 선정하는 것은 어렵다.

본 연구는 모터 구동시스템의 전문가가 최적성능과 최대효율의 모터 구동시스템을 선정하는 방법, 경험, 지식을 개인용 컴퓨터의 프로그램으로 구성하였다. 개발된 전문가 시스템의 지식 베이스와 추론에 의한 모터 구동시스템의 선정 프로그램은 현재 개발되어 시판 중인 모터 구동시스템 중에서 사용자 요구에 대해 최적의 성능을 만족하면서 고효율의 모터 구동시스템을 선정하게 함으로써 에너지 절약은 물론이고, 생산설비의 향상을 위하여 생산제품의 품질 향상, 생산가의 절감 및 생산기간의 단축 등을 가져올 것이다.

2. 비전문가에 의한 모터 구동시스템의 일반적인 선정

모터나 구동시스템에 대한 지식이 없는 사용자는 다음과 같은 기본적인 요구조건(전압, 전류, 속도, 토크, 크기 및 중량 등)으로 전문가라 말할 수 없는 무역 중계업자나, 외국 회사 대리점에 그림 1과같이 모터 선정을 의뢰하고 있다.

실제 부하의 기계적인 데이터를 바탕으로 계산되는 관성, 부하토크, 사용자가 운전코자 하는 운전패턴에 따른 실효토크, 운전패턴에서 최대 가속도 계산 등 실제 고려해야 할 많은 사항이 전혀 고려되지 않았다. 위에서 언급한 조건이나 식들이 고려되지 않은 이러한 방법은 당연히 비효율적이고, 그렇게 선정된 모터는 자칫 저효율 용량초과로 인한 가격상승 등으로 연결된다.

3. 전문가 시스템과 모터 선정

일반적으로 프로그램을 작성하기 위해서는 PASCAL, FORTRAN 및 C등의 고급언어를 사용하듯이, 전문가시스

템을 만들기 위해서는 보통 인공지능 언어이자 고급언어인 LISP이나 PROLOG를 사용한다. 인공지능 언어를 사용하면 유연성은 있으나 복잡한 계산을 처리하는데는 효율적이지 못하다. 본 논문에서는 관성모멘트, 실효토크, 가감속토크, 발열량 및 효율 등의 계산을 필요로 하기 때문에 C 언어를 사용하여 빠른 연산이 가능하도록 추론기관과 지식베이스를 구성하였다. 전문가시스템은 그림 2와 같이 추론기관, 지식베이스, 데이터베이스 및 설명보조 시스템 등으로 구성된다.

3-1. 추론기관

추론기관은 지식베이스에 저장된 지식을 사용하여 추론 및 최적해의 탐색을 실행하는 핵심부분이다. 본 전문가 시스템에서는 순차적으로 데이터를 처리하면서 최적해를 추론 및 탐색하도록 순방향 추론방식(전향연결 기법)을 사용하였다. 구체적인 탐색 순서와 규칙을 예시하면 다음과 같다.

- ① $(60 \times \text{부하 이송속도}) \div (\text{피치} \times \text{기어비})$ 가 모터의 정격 회전수를 넘지 않도록 한다.
- ② 부하관성은 모터관성의 3배보다 작거나 같아야 된다.
- ③ 운전패턴에 따라 계산된 부하 구동에 필요한 실효토크가 모터의 정격토크보다 작아야 된다.
- ④ 운전패턴에 따라 계산된 부하 구동에 필요한 가속토크와 부하토크의 합의 최대치가 모터의 순시 최대토크보다 작아야 한다.
- ⑤ 서보 모터의 순시 최대전류는 구동시스템의 순시 최대출력 전류치로 이하인 것을 선택한다.
- ⑥ 저속 회전으로 사용이 되는 경우, 그 회전수가 속도제어 범위내에 있어야 한다.
- ⑦ 시스템이 필요로 하는 지령펄스 주파수가 펄스변환기의 최대응답주파수를 넘지 않는 것을 선택한다.

3-2. 지식 베이스

지식베이스는 계층적 구조의 규칙으로 이루어져 있으며, 성능과 효율을 계산하고 비교하는 부분으로, IF_____THEN_____ 규칙의 저장과 실행, 파라미터의 값정의 및 비교조건 등을 저장하여 실행하는 역할을 한다.

규칙 베이스에는 각종 경험적 탐색규칙과 사용자-컴퓨터 인터페이스등을 위한 제반 규칙 등이 저장되어 있다. 본 논문에서 사용된 모터 선정에 관한 규칙의 몇 가지 예는 다음과 같다.

- ① 적용시스템과 부하의 기계적인 데이터를 입력한다.
- ② 입력된 데이터를 바탕으로 부하의 관성과 부하토크를 계산한다.
- ③ 모터 운전시의 운전패턴을 입력한다.
- ④ 입력된 데이터를 바탕으로 가·감속토크와 실효토크를 계산한다.
- ⑤ 운전패턴 데이터를 바탕으로 계산된 가·감속토크와 부하토크의 합이 모터의 순시 최대토크 보다 작고, 계산된 실효토크가 모터의 정격토크보다 작은 모터를 1차로 선정한다.
- ⑥ 적용시스템에서, 입력된 운전패턴으로 운전될 때 1차로 선정된 모터 아마추어 권선의 온도상승을 계산하고, 모터 권선의 온도 상승 한계 데이터와 비교하여 모터 아마추어 권선의 온도 상승이 모터 권선 온도상승 한계 데이터보다 적은 것을 선택한다.
- ⑦ 모터의 각 옵션을 입력한 후, 브레이크 유·무, 속

도 및 위치 검출소자의 종류, 정확도 및 분해능 등의 데이터와 비교하여 2차로 모터를 선정하고 드라이브를 1차로 선정한다.

⑧ 2차로 선정된 모터들의 최대효율을 계산하고 최대 효율인 모터 구동시스템 하나만 선정한다.

3-3. 데이터 베이스

데이터 베이스는 여러 회사의 DCM, BLDCM의 카타로그로부터 성능과 효율을 계산하기 위한 기본적인 모터 구동시스템의 데이터가 저장되어 있다. 본 논문에서는 5개 제작회사, 5[W]-6[KW] 범위의 모터를 대상으로 하였다. 저장되어 있는 데이터의 예를 들면, 최대토크, 정격토크, 토크상수, 유기전압상수, 정격속도, 마찰계수, 마찰토크, 아마추어저항, 열저항 및 아마추어권선 허용 온도 등이고, 상태가 변함에 따라 변화하는 데이터 예를 들면, 속도 운전패턴 각 구간의 속도 및 최대 가속도, 각 부하에 따른 관성, 부하토크, 실효토크, 아마추어 권선 온도 상승에 따른 열저항의 변화값 및 효율 등이다.

3-4. 설명 보조시스템

중간 결과를 수시로 제시해 줌으로써, 사용자로 하여금 현재 어떻게 진행되고 있는지, 또 어떤 방향으로 추론해 나가야 할지를 예측할 수 있도록 한다.

4. 전문가 시스템의 적용과 검토

그림 3은 모터 구동시스템 선정을 위한 플로우 차트이다. 루틴(Routine) 1은 사용자로부터 적용시스템의 내용과 적용시스템에 관한 기본적인 데이터, 즉 부하의 무게, 반경, 외력 및 부하와 모터 축, 기어나 플리의 무게, 반경, 기어비 등을 입력하는 부분이다.

루틴 2는 사용자로부터 입력된 데이터를 가지고 적용시스템에서 필요로 하는 요구 성능을 계산하고 최적 성능의 모터(여러 회사, 여러 종류일 수 있다)를 1차적으로 선정하는 부분이다. 모터에 대해서는 최대정격토크, 속도 및 열한계 등 일반적 특성을 고려하였으며, 피드백 센서의 분해능 및 정밀도 등을 고려하였다.

루틴 3은 성능을 만족하는 여러 모터의 효율을 계산하고 비교하여 최대효율의 모터 구동시스템을 선정하는 부분이다. 효율은 식(1)에 의해 운전패턴에 대한 평균효율로 계산하여 비교하였다.

$$Eff = \frac{Kt^2(T_A + T_L)W_R}{T_T^2 R_{HOT} + T_T K_T \times K_E \times K_R} \quad (1)$$

$$T_T = W_R + T_F + T_A + T_L$$

5. 결론

적용 목적에 대해 최적성능을 갖고면서 고효율의 모터와 구동시스템 선정을 위한 전문가 시스템에 관한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

최적의 성능을 갖는 모터 구동시스템을 선정하고 가장 효율이 높은 모터 구동시스템을 선정할 수 있었다. 따라서, 기존 설비의 고장 발생시 복잡한 대체 절차를 신속, 정확하게 지시하여 생산설비의 부분 고장으로 인한 생산성 저하를 감소시킬 수 있다. 전문가의 지식과 추론에 의해 소프트웨어화 하여 모터 구동 시스템

을 선정하였을 경우, 편향된 지식에 의존하여 선정하였을 때보다 우수한 기능을 발휘했다. 실제 사용되고 있는 여러 적용시스템에 대하여 본 연구의 전문가 시스템을 검증한 결과 신뢰성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Daoshen Chen and Bimal K. Bose, "Expert System Based Automated Selection of Industrial AC Drive," Conference Record on IAS'92 of IEEE, pp.387 - pp.392, 1992
- [2] R. Krishnan and A. S. Bharadwaj, "A Comparative Study of Various Motor Drive System for Aircraft Applications," Conference Record on IAS'91 of IEEE, pp.252-pp.258, 1991
- [3] A.S. Meyer and C.F. Landy, "The Structure of an Induction Motor Calculation Program for Non-Technical Users," Conference Record on IAS'91 of IEEE, pp.28 - pp.34, 1991
- [4] R. Krishnan, R.A. Bedingfield, A.S. Bharadwaj, P. Ramakrishna, "Design and Development of a User-Friendly Pc-Based CAE Software for the Analysis of Torque/Speed/ Position Controlled PM Brushless DC Motor Drive System Dynamics," Conference Record on IAS'91 of IEEE, pp.1388 - pp.1394, 1991
- [5] R.Krishnan, "Selection Criteria for Servo Motor Drivers," IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. IA-23, No.2, March/April, 1987

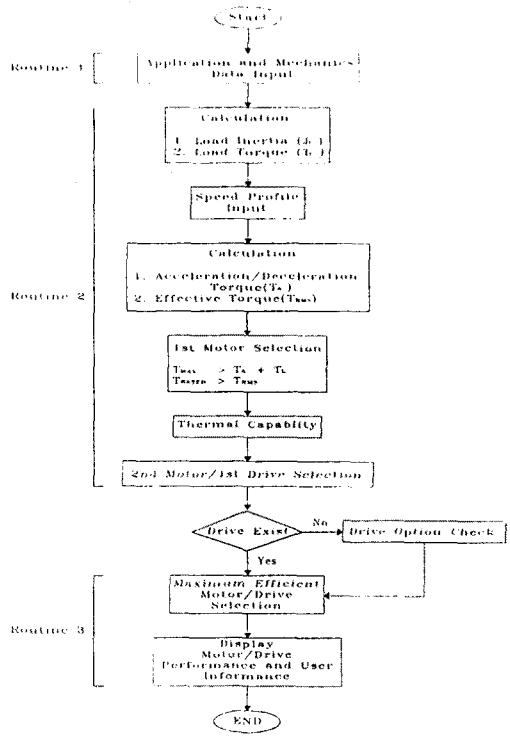


Fig. 3 Flowchart for selection of motor driving system

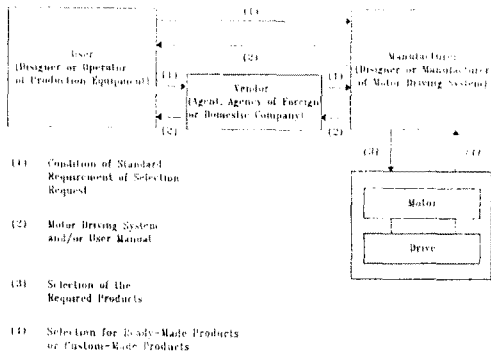


Fig. 1 Typical selection step of motor driving system



Fig. 2 Block diagram of expert system