



스마트 펌핑을 위한 모션 제어 기술의 진보

최근의 모션 제어 반도체 기술을 이용해서 디자이너들이 지능형 펌프 제어를 신속하게 구현할 수 있게 되었다. 특히 화학 가공 및 건물 서비스 같은 다양한 어플리케이션에서 가변 속도 지능형 펌프가 빠르게 인기를 얻고 있다. 이들 펌프의 수요가 증가하는 것은 기존의 고정 속도 '온/오프' 디자인에 비해서 향상된 효율 때문이다. 또한 제조 업체들은 지능형 펌프를 이용해서 효율을 향상시킴으로써 환경 법규를 충족시키면서 운영비를 절감할 수 있다는 것을 깨닫고 있다.

글/ Angus Murray, International Rectifier

최근의 모션 제어 반도체 기술을 이용해서 디자이너들이 지능형 펌프 제어를 신속하게 구현할 수 있게 되었다. 특히 화학 가공 및 건물 서비스 같은 다양한 어플리케이션에서 가변 속도 지능형 펌프가 빠르게 인기를 얻고 있다.

이들 펌프의 수요가 증가하는 것은 기존의 고정 속도 '온/오프' 디자인에 비해서 향상된 효율 때문이다. 또한 제조 업체들은 지능형 펌프를 이용해서 효율을 향상시킴으로써 환경 법규를 충족시키면서 운영비를 절감할 수 있다는 것을 깨닫고 있다.

전통적인 고정 속도 펌프는 지속적으로 최대 용량을 사용하면서 작동했다. 그러나 가변 속도 시스템은 펌프 속도를 사용자의 요구에 따라 변화시킬 수 있다.

예를 들어 펌프 구동 회로는 시스템이 요구하는 특정 순간에만 필요한 전력을 공급하면 된다. 그러므로 디자이너들은 더 소형이면서도 경량의 저렴한 펌프를 이용할 수 있게 되었다. 또한 최대 용량의 수 분의 일로 작동하는 지능형 펌프는 근본적으로 기존의 제품보다 신뢰도도 높다.

한편, 급수 및 폐수 관리와 건물의 자동화

는 지능형 펌프의 대표적인 목표 어플리케이션이라고 할 수 있다. 이들 어플리케이션은 운영비에 민감하며, 공통적으로 정부의 규제를 받는다. 예를 들어 영국 정부의 '지속가능한 주택에 관한 법' 같은 환경 문제를 다루기 위해 제정된 건물 규정 및 기타 법규들은 지능형 펌프 어플리케이션에 영향을 미친다.

지능형 펌프는 넓은 유속 범위에 걸쳐 매우 변동적인 유량 요구나 좁은 범위의 압력 요구를 충족해야 하는 시스템에서 가장 유용하다. 그 한 예가 사무용 건물의 난방 및 냉방 시스템의 시스템 공급 냉각수라고 할 수 있다. ARC 리서치에 따르면, 가변 속도 펌프는 이들 시스템에서 에너지 소비를 30퍼센트에서 70퍼센트까지 낮출 수 있는 것으로 전망하고 있다.

하지만 이들 어플리케이션에서 에너지 효율 및 유지비는 문제의 일부분에 불과하다. 중요한 문제는 음향 소음을 되도록 낮게 유지해야 한다는 것이다. 또한 시스템이 전체 범위의 유속 요구를 수용하고 요구에 따라 신속하게 전력을 공급하기 위해서 고속 응답 시간 및 정확한 제어도 필요로 하고 있다.

특히 이러한 모든 요인들은 지능형 펌프 디자인의 핵심을 이루는 PMSM(영구 자석 동기 모터)를 제어하는 복잡도를 증가시킨다.

PMSM 컨트롤러는 로터 각도 및 속도를 검출하거나 계산해야 한다. 이들 파라미터를 검출하기 위한 기존의 기법은 홀 효과 센서와 같은 외부 부품을 이용하는 것이다. 하지만 이러한 센서는 추가적인 회로를 필요로 함으로써 시스템 비용을 증가시킨다. 또한 센서 기반 디자인은 센서리스 기법보다 신뢰성이 떨어진다. 여기에다 모터가 작동하는 환경에 의해 문제는 더 복잡해진다. 결과적으로 더 많은 디자이너들은 지능형 펌프 시스템을 위하여 센서리스 기법을 선호하게 되었다.

센서리스 제어를 위한 지능형 펌프 플랫폼

전통적으로 센서리스 PMSM 컨트롤러를 설계하는 것은 펌프 시스템 업체들에게 까다로운 작업이었다. 가장 간단한 기법은 모터 권선 전류를 측정하고 로터 위치 및 속도의 추정치를 도출하는 것이다.

iMOTION™ INTEGRATED DESIGN PLATFORM

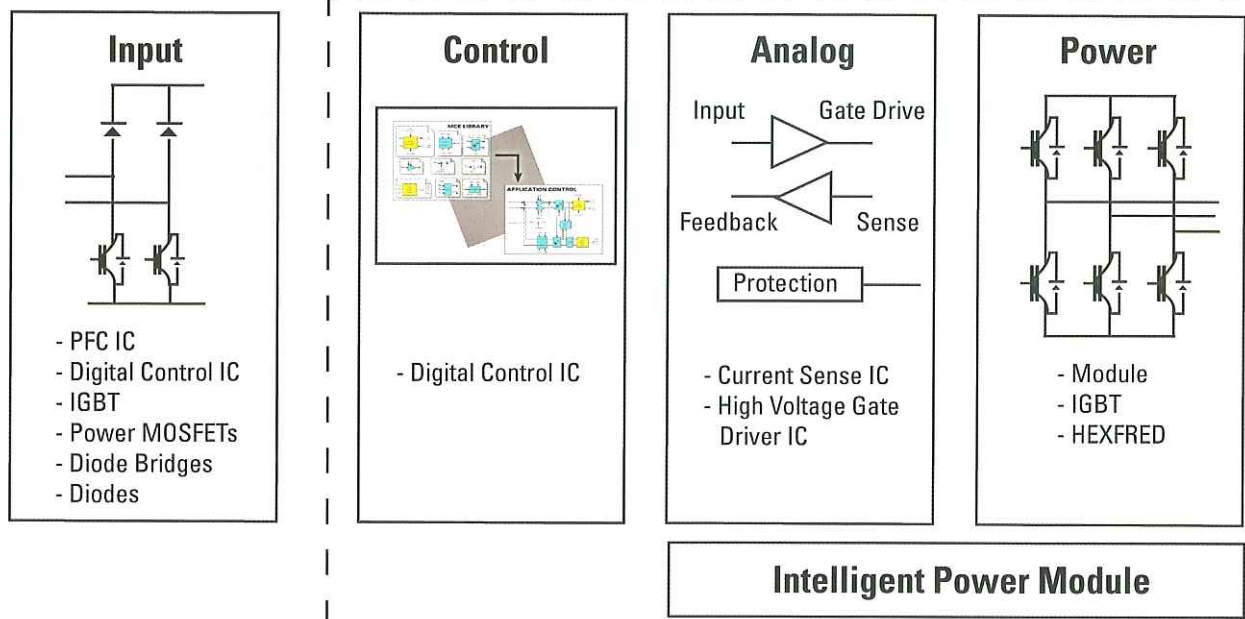


그림 1. IR의 iMOTION 플랫폼은 디지털 모터 컨트롤러, 전류 센서, 3위상 전력 스테이지를 포함하고 있다.

모터 위상 전류를 직접 측정하는 것은 구현하기 위한 비용이 높으며, 일반적으로 다수의 상용 지능형 펌프 어플리케이션을 위해 경제적이지 않다. 비용 효율적인 센서리스 디자인은 간접적 전류 측정을 기반으로 위치 및 속도 계산을 수행하는 것이다.

이러한 시스템에서는 컨트롤러가 간접적 측정으로부터 모터 권선 전류를 계산하고, 권선 전류 계산으로부터 로터 속도 및 토크를 도출한다.

그러나 센서리스 펌프 컨트롤러가 구현 측면에서 실용적이기는 하지만, 최근까지만 하더라도 이를 위해서는 설계 팀이 펌핑 시스템 전문지식, 제어 알고리즘 전문성, 첨단 프로그래밍 역량을 갖추어야 했다. 그런데 첨단의 프로그래밍 역량은 사내적으로 불가능한 경우가 많았다. 필수적인 시스템 개발 기술을 자체적으로 보유하고 있다 하더라도, 복잡한 코드를 작성하고 테스트하기 위한 설계의 위험성, 비용, 작업 시간은 증가할 수 있기 때문이다.

PMSM을 위해 제어 시스템을 신속하게, 비용 절감적으로 구축해야 하는 필요성 때문에 센서리스 제어를 구현할 수 있는 전용 IC에 대한 요구도 발생하였다.

이에 따라 IR과 같은 반도체 업체들은 OEM 디자이너들이 신속한 조합으로 가변 속도 센서리스 구동 디자인을 작성할 수 있도록 빌딩 블록으로 이루어진 모터 제어 플랫폼을 개발했다.

IR의 iMOTION 플랫폼은 그림1과 같이 PMSM 제어 알고리즘을 실행하는 디지털 모터 컨트롤러, 전류 검출 IC, 전력 모듈로 이루어져 있다.

이와 같은 플랫폼은 설계 작업을 가속화하고, 부품 수를 줄이고, 위험성을 낮추고, 프로젝트 비용을 절감한다.

특히 iMOTION 개발은 최대 300W 전력 요구량의 PMSM 기반 지능형 펌핑 어플리케이션을 위해 더 조용한 작동 및 더 높은 효율을 가능하게 했다. IR의 혼성신호 모션 제어 IC와 IRAMS06UP60B 같은 지능형 전력 모듈

(IPM)을 결합함으로써 엔지니어들은 스마트 펌프를 위한 센서리스 PMSM 제어 시스템을 신속하게 개발할 수 있게 되었다.

또한 이 시스템은 대안적인 이산 솔루션에 비해서 더 높은 성능 및 신뢰성을 달성한다. 사인과 전류 제어는 조용한 작동을 보장하며, PWM 기반 디자인의 효율 이점을 제공한다. 뿐만 아니라 제어 IC는 매끄러운 펌프 스타트업을 가능하게 한다.

한편 IRMCF371은 그림2처럼 IR 고유의 MCE(모션 제어 엔진)와 DC 링크 전류 측정을 이용한 PMSM의 정확한 센서리스 사인과 제어를 위해 필요한 모든 제어 및 아날로그 인터페이스 기능을 결합했다.

또한 차동 증폭기, 듀얼 샘플 앤 홀드 회로, 12비트 ADC도 기능으로 포함하고 있다. 사전에 정의된 하드웨어 블록은 각도 계산기 같은 주요 센서리스 제어 알고리즘 요소도 구현할 수 있다.

컨트롤러 IC는 60MIPS 8비트 8051 마이크로컨트롤러를 통합했으며, 이는 MCE와 독

IRAMS06UP60B는 절연형 패키지의 콤팩트한 지능형 모터 드라이버 전력 모듈로, 단락 회로 정격 IGBT, 측정 셉트, 과열 및 과전류 보호 기능, 저전압 록아웃 기능을 포함하고 있다. 또한 하이사이드 드라이버를 위한 부트스트랩 다이오드와 단일 전원 동작이 펄프 제어 회로도 간소화시켰다.

[illegible]

계산할 수 있다. 특히 클라크 변환이 3위상 전류 데이터를 등가의 2위상 데이터셋으로 변환하면, 로터 각도 계산기가 2위상 전류 데이터 및 전압 값을 이용해서 포워드 벡터 회전 블록으로부터 로터 각도 및 속도를 계산한다.

이외에도 FOC(field-oriented control) 알고리즘은 AC 모터 권선 전류를 토크(IQ)와 Flux(ID)에 해당되는 2개 DC 성분으로 변환시킨다. 이 변환이 컨트roller 디자인을 간소화시키는 것이다. 전류 루프 튜닝이 모터 속

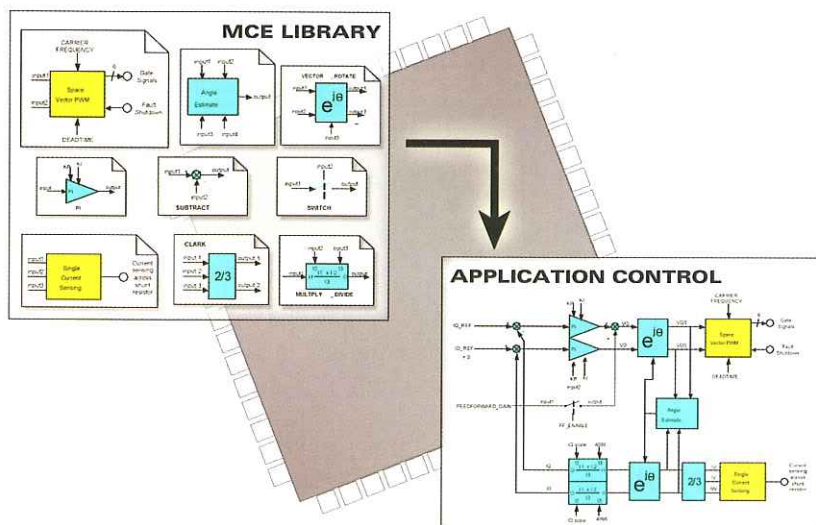
외부 속도 루프는 속도 오차를 기반으로 IQ 루프를 위한 토크 레퍼런스 명령을 계산한다. 속도 루프 입력 상의 RAMP 기능은 가속화를 특징한 한계로 제한하며, 출력 상의 LIMIT 기능은 모터 전류를 제한하고 있다. 또 다른 추가적인 제어 기능은 위상 선형을 발생시킴으로써 IPM(내부 영구 자석) 모터를 구동할 때 토크 출력을 극대화시킬 수 있다.

한편 이 시스템은 모션 제어 프로그래밍으로 MATLAB/Simulink 개발 환경 내에 통합된 그래픽 컴파일러 툴을 사용하며, MCE의 프로그래밍을 용이하게 한다. 그래픽 프로그래밍 기법은 설계 오차를 낮추고 신속한 설계 작업을 가능하게 한다.

이에 따라 개발자는 비례-적분, 벡터 로테이터, 각도 계산기, 곱셈/나눗셈, 제곱근/제곱, EMI 공간 벡터 PWM, 단일 선트 전류 피드백 등을 MCE 제어 엘리먼트 중에서 선택할 수 있다. 그런 다음 개발자는 그림 3처럼 컴파일러를 이용해서 이들 기능을 연결할 수 있다.

8051 8비트 마이크로컨트롤러는 시퀀싱, 사용자 인터페이스, 호스트 통신, 상위 층 제어 작업을 수행한다.

이 마이크로컨트롤러는 에뮬레이션 및 디버깅을 위한 JTAG 포트를 포함하고 있다. ■



October 2007 • MOTION CONTROL 83