

모터 제어기에 기초한 마이크로 프로세서에 의한 AC 모터의 기본 이론과 응용지침 (IV)



글/Walter J. Lukitsch(Allen Bradley사/IEEE 원로회원)
역/이 상 윤(한국 알렌브래들리 기술부장)



모터를 위한 반도체 에너지 절약기에의 응용지침

요지

반도체 에너지 절약기를 모터에 사용한다는 것에 대한 논란은 계속되고 있다. 이 장치의 성공 및 실패에 대한 기사도 많이 쓰였다. 이 글은 유아기에 있는 산업의 점증하는 고통에 대한 것이다. 더 많은 장치가 응용되어감에 따라 이 장치들을 위한 응용방식에 대하여 더 많은 지식의 습득이 요구된다. 본고에서는 에너지 절약을 위해 사용된 몇 가지 기술에 대하여 검토하고, 에너지 절약기의 응용을 주도하고 있는 요소들을 검토하여 사용자들이 잠정적인 응용에 대한 예비평가를 하는 데 지침을 제시하고자 한다.

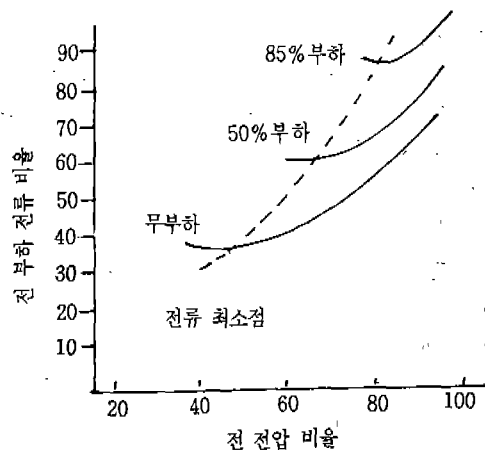
에너지 절약기에의 응용지침

지난 십여년간에 걸쳐 에너지 비용이 한없이 치솟아 오름에 따라 사용자들은 이제 대체 에너지를 찾고자 시도해오고 있을 뿐만 아니라 또한 새로운 에너지 절약방법을 찾고 있다. 에너지 절약방법에 대한 이러한 연구는 신상품 혹은 신산업을 산출하는 촉매가 될지도 모른다. 이러한 필요성이 최근에 개발된 반도체 감압 스타터와 복합되어 졌을 때 그 결과가 반도체 에너지 절약 스타터이다.

이러한 반도체 에너지 절약 스타터에 대하여 여러

가지 방법이 이행되어 왔고 제안되어 왔다. 본고에서는 일정한 역률 각도방법과 최소의 전류방법을 관찰할 것이다. 이러한 것들은 현재 상업적으로 만들어지고 있는 방법들이다.

이러한 에너지 절약방법은 한 가지 원칙에서 작용한다. 이 원칙은 가볍게 부하가 가해진 모터에 대한 전압이 모터 속도에 악영향을 주지 않고 감소시킬 수 있다는 사실이다.



<그림 1> 1마력 모터에 대한 전압 전류 곡선

이러한 감압은 모터에서 나오는 전압-전류와 소비전력의 감소를 가져온다. 다양한 모터 조건에 대한 전류 Phaser를 살펴보면 완전히 부하가 가해진 상태, 무부하 상태, 선간 전압 이하로 모터 단자 전압이 감소된 전압에서의 무부하 상태로 나눌 수 있으며, 이것은 일정 역률 제어기와 전류 최소개념을 기술하는 데 사용된다. 분명히 전부하와 무부하 모터에 대하여 조건은 같다. 전류는 실수분과 허수분으로 분해된다.

무부하보다는 오히려 부하에 대하여 전류 최소점이 존재한다. 그림 1은 역시 85%와 50% 부하에서의 이러한 전류 최소값을 보여 준다.

전류 최소화는 전압과 전류사이의 고정 관계를 유지하기 위해 시도하지는 않는다.

역률과 모터 전류 사이의 관계를 결정하기 위해 시험을 해왔다. 그림 2는 전류를 최소화하는 기술을 사용한 이러한 요소들의 관계를 보여주고 있다. 그림에서 언급된 이 시스템 역률은 제어기 입력에서의 역률이다. 이 시스템 역률은 전력 범칙금의 근거로 전력사가 감시하고 사용하는 것이다. 모터 역률은 모터의 단자 역률이나 제어기의 부하측 역률이다. 그림 2에 나타난 바와 같이 모터 역률은 전압이 감소함에 따라 계속 상승한다. 그러나 시스템 역률은

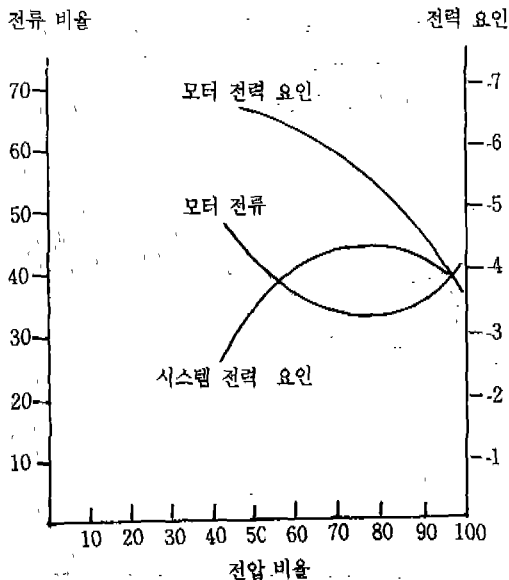
대체적으로 전류가 최소가 되는 점에서 최고의 점에 달한다. 그렇기 때문에 최소 전류 기술을 사용할 때는 역률 각도가 최소가 되어야만 하고 실수와 허수성분으로 최소에 있어야 한다.

독립 연구

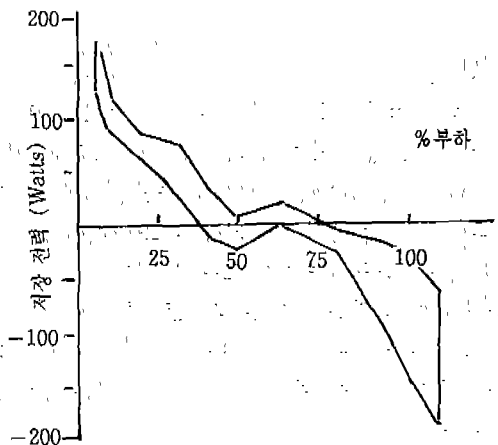
3개 대학, 즉 미네소타 대학, 위스콘신 대학, 영국 서섹스 대학에서는 반도체 에너지 절약기 절약장치에 대한 독립적인 연구를 수행해왔다. 이 대학에서 발견한 결과는 모터 운전이 10, 50 및 125 마력에 대하여 수행되었음을 알 수 있다. 두 그림(그림 3, 4)을 비교해보면 50% 이상의 부하에 대하여 그리 많은 절약이 이루어지지는 않았지만 대체적으로 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

이론상 절약 곡선상에 두 개의 점, 즉 무부하시 50% 손실의 절약과 부하시 50% 손실의 무절약이라는 두 점을 보여주고 있다. 시험 데이터를 비판적인 측면에서 바라다보면 무부하시 더 낮은 제원치가 20%의 손실이 절약된 것으로 되어있고, 20%에서 어떠한 손실도 절약되지 않은 것으로 되어 있다.

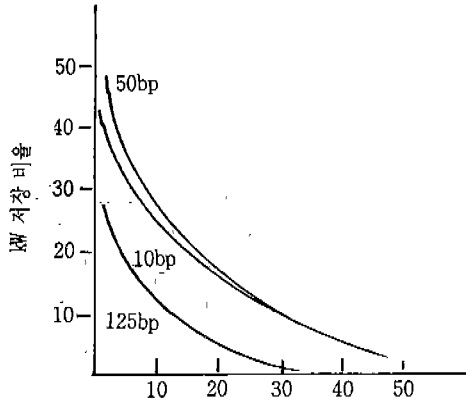
그림 5는 절약에 대한 이러한 가능 범위를 보여주고 있다. 문제는 “적용 평가를 위한 에너지 절약 계산을 위해 어떤 것을 사용해야 하는가”하는 것이다. 지금 이 시점에서 그러한 문제에 대한 답은 없다. 그 이유는 너무나도 많은 미지의 변수가 존재하기 때문이다. 수많은 모터 제작자가 있을 뿐만 아니라 수많은 용량의 등급, NEMA Design 형식, 제작 허용 오



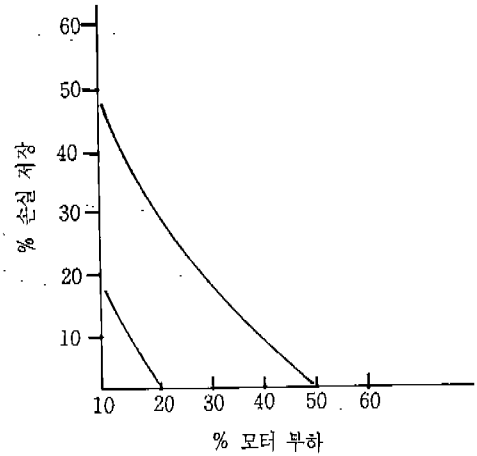
<그림 2> 모터 전류 곡선 대 전압 비율 및 시스템 역률 및 모터 역률 대 전압 비율



<그림 3> 3kW 3상 4극 모터상의 3개 전력 요인 제어의 성능



<그림 4> kW 저장 비율 대 정격 부하 비율



<그림 5> 전 라인에서 이론상 최대 저장 입력에서 제어로의 전압

차, 고효율 모터에서의 표준 효율 및 모터의 여타 변수가 있다. 이러한 모든 요소들의 경부하에서 절

약될 수 있는 에너지 양이다. 그 외에도 연결된 기기와 프로세스 때문에 부하에 커다란 변화가 있다.

2

섬유계를 위한 마이크로 컴퓨터 제어 토크

요지

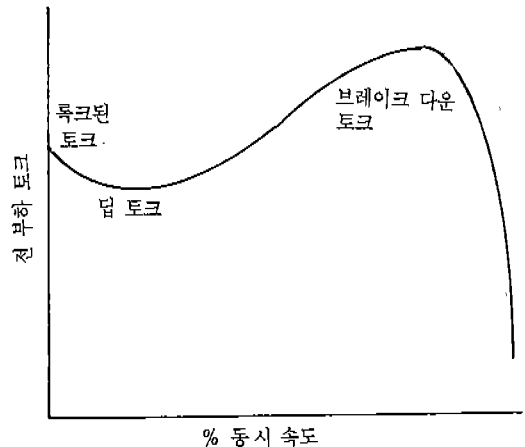
섬유계에서 토크 제어는 여러 방법으로 수행되어 왔다. 이제 마이크로 컴퓨터가 연동 제어기에 조합되어 토크 제어를 제공하고 있다. 마이크로 컴퓨터는 개선된 보호장치로 부가적인 유연성을 제공하고 있다.

서론

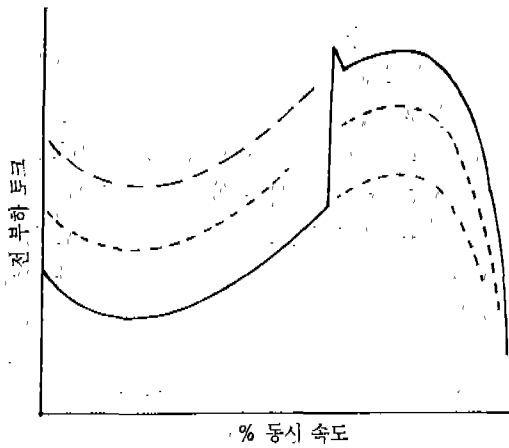
제품의 특성 때문에 섬유계는 계속적으로 토크를 제어할 필요성이 있었다. 과거에 감압 스타터, 기계전 클러치, 전기 클러치 및 여타 수단과 같은 전자기계와 기계전 수단이 사용되어 토크를 제어하여 왔다. 더우기 최근에는 변속 교류 및 직류 구동기를 사용하여 이 목적을 이루어왔다. 토크를 제어하는 가장 최근의 방법은 연동 전동 제어기이다. 이 연동 전동 제어기는 변속 운전이 요구되지 않는 곳에 응용된다.

모터 토크 특성

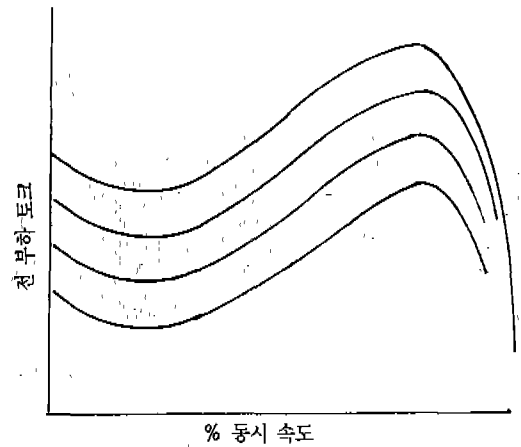
가장 널리 사용되는 교류 유도 모터는 NEMA Design Class B 모터이다. 그림 6에서는 전형적인 NEMA Design Class 모터에 대한 속도 토크 특성을 보여주고 있다. 본고의 내용을 위해서 로크된 로터 토크 이하로서 최소 토크점을 보여주고 있다. 이



<그림 6> 전형적인 NEMA Design B 속도 토크 곡선



<그림 7> 전형적인 감압 속도 토크 곡선



<그림 8> 전류 제한 속도 토크 곡선

점은 설계의 함수이며 로크된 로터 토크 이하일 수도 있으며 그 이상일 수도 있다.

과거에는 전자 기계 스타터로 토크를 감소시킬 수 있었지만 반드시 제어가 되지는 않았다.

모터에 인가되는 전압을 감소시킴으로써 기동 토크는 그림 7에 나타난 바와 같이 감소될 수 있다. 토크의 감소는 고정되었으며 인가 전압에 의존한다. 이 전압을 감소시키는 방법은 미국에서는 표준이 아닌 특수 모터나 Y-Delta 모터를 요하는 직렬 임피던스, 자동 변압기, 부분 권선기동 중 하나를 통하는 것이다.

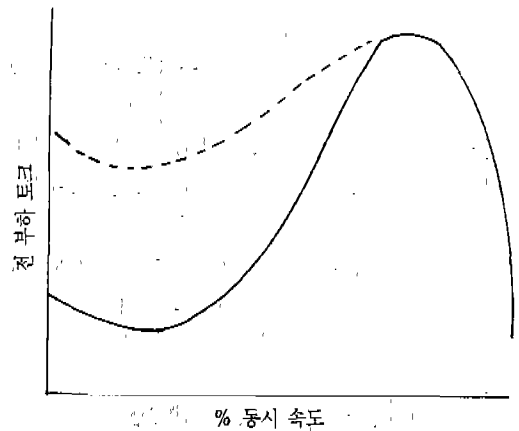
그림 7은 전자 기계형 기동의 drawback 중 하나를 보여주고 있다.

이 drawback은 감압에서 전전압까지의 변이점이다. 감압에서 전전압까지 증가할 때 천이점 토크의 변이가 이 그림에 나타나 있다.

만약에 모터가 변곡점(최대 토크) 이하가 되면 모터가 전속도에 가까워질수록 변이는 점차 토크가 낮아진다.

반도체 연기동 모터 제어기는 변이 토크의 과도상태 문제를 제거해 왔다.

반도체로 전자 기계장치에서 이용 불가능했던 서로 상이한 특성들을 얻을 수 있다. 연기동 모터 제어기의 과도 상태가 없는 토크 특성은 그림 8에 나타나 있다. 전자 기계장치를 가진 과도상태의 토크를 가지는 대신에 반도체 연기동 모터 제어기는 로크된 로터로부터 전하부에 이르기까지 연속성의 속도 토크 곡선을 제공한다. 여러가지 설정값을 가짐으로써



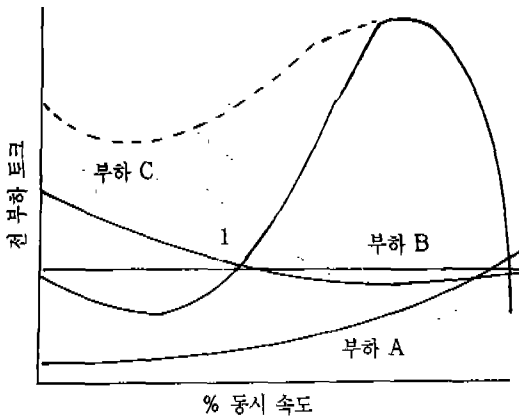
<그림 9> 연기동 속도 토크 곡선

전류 제한 제어기는 토크의 조정을 응용할 수 있게 한다. 이에는 한 무리의 곡선이 있으며 이들 중 일부만 그림 8에 나타냈다.

Ramp 가속이 있는 연기동 제어기는 기동제어를 하는데 새로운 차원을 제공해주고 있다. Ramp 가속은 이제 전자 기계 및 전류 제한 제어기의 감압 토크 레벨에서 전전압 전토크까지 아주 원만한 변이 과정을 제공한다. 그리고 이것은 필요시 그림 9에 나타난 것과 같이 아주 원만하게 전토크를 제공할 수 있다.

응용시 토크의 고려점

연기동 제어기를 적용할 때 부하 토크 요구사항에 대하여 많은 고려사항을 주어야만 한다. 팬이나 펌



<그림 10> 연기동 전형적인 부하 곡선

프와 같이 전형적인 4승 혹은 2승 부하 특성을 고려하여 Ramp 기동에 훌륭히 적용해야 한다. 부하 토크는 초기에는 낮으며 속도와 더불어 형성된다. Ramp 가속 방법은 충분히 토크를 가속하여 부하를 상승시킨다.

다른 형식의 부하는 토크 요구사항에 대하여 좀더 세밀한 평가를 필요로 할지 모른다. 그림 10에서는 그림 9에서의 Ramp 가속 토크 곡선상에 여러가지 부하 형태를 부가했다. 부하 A에서는 앞에서 언급한 펌프나 팬 형식의 부하를 보여주고 있다. 부하 B와 C는 연기동 제어를 적용할 때 신중히 평가해야만 하는 부하의 형식이다.

모터를 가열하지 않고 부하를 적절히 가속하려면 모터의 속도 토크 곡선은 항상 부하의 위에 있어야만 한다. 운전 특성과 운전 모드가 용이해야 마이크로 컴퓨터형 연기동에 하드웨어의 변경없이 여러가지 부하에 적용할 수 있는 유연성을 부여한다. 기동 특성을 위한 DIP 스위치 설정은 Ramp 가속에서 전류 제한 가속까지의 조정을 용이하게 한다.

부하 B와 C를 가지고 Ramp 가속이 포인트 1에 달할 때까지 모터가 가속을 시작하지 않을 때 Ramp 모드 보다도 더 좋은 가속 모드가 될 것이다.

전류 제한 설정에 대한 조정은 아주 원만하게 부하를 가속하는 데 필요한 최소 토크를 제공한다.

적용에 유연성을 제공하는 것 이외의 마이크로 컴퓨터는 추가적인 특징을 제공할 수 있다. 진단 기능을 가진 에너지 절약과 보호 특징이 제공될 수 있다. 연장기간 동안에 가볍게 부하를 부가하거나 무부하로 운전되는 그러한 적용을 위하여 조립식 에너지

절약기가 선정될 수 있다. 마이크로 컴퓨터는 이러한 무부하 조건을 감지하여 모터 전압을 인가되는 부하를 위한 최적의 점으로 조정한다.

제공된 부가 보호는 선, 온도 및 stall된 모터의 영역에 있을 수 있다. 마이크로 컴퓨터는 모터의 특성을 익히고 각 기동시에 기억장치에 저장한다. 그리고 난 다음 이 정보는 모터가 실제로 stall될 때를 결정하는 데 사용된다. 적용된 마력수와는 관계없이 장치의 전류 정격까지 마이크로 컴퓨터는 구체적인 모터의 파라미터를 자동으로 조정한다. 그리고 난 다음 마이크로 컴퓨터는 사용자가 전부하 모터 전류를 위한 조정이나 눈금 조정을 하지 않고 모터가 stall되는지를 결정한다.

로크된 로터 조건이 기동 후 발생할 때 마이크로 컴퓨터는 5초 지연을 가진 후 모터를 off한다. 이것은 보통의 class 10이나 class 20보다 더 좋은 보호를 제공하는 한편 얼마동안 가능한 jam을 제거한다.

SCR의 내부 온도 감시는 반도체를 과부하나 높은 주변 온도가 되지 않도록 보호를 하도록 설계되어 있다. 최근의 기술을 사용하여 온도 센서를 SCR 칩에 심어 정확하고 잘 조정된 SCR 보호를 한다.

이 온도는 마이크로 컴퓨터에 채환되며 마이크로 컴퓨터는 계속적으로 이 데이터를 감시하고 과온도 발생시 트립과 고장의 정보를 발한다.

마이크로 컴퓨터는 역시 선의 조건을 감시하는 데 사용된다. 그렇기 때문에 선 기동뿐만 아니라 상의 상실, SCR의 단락, 모터 리드의 개방 및 이와 흡사한 선의 비정상 상태에 대한 보호가 있다.

섬유의 응용

섬유계에서 응용을 이미 시험해오고 있다. 마이크로 컴퓨터 제어 연기동기는 다양한 기기에 대하여 토크 제어를 한다. 첫번째 적용 중 한가지는 트위스터 기계에 대한 것이었다. 트위스터에서는 변속이 필요하지 않기 때문에 주관심사는 기동하는 동안에 토크 제어를 하여 쓰레드의 나사가 깨지지 않도록 하는 것이었다. 연기동은 이러한 토크 제어를 제공하고 있으며 선상에 걸쳐 기동을 하는 동안 경험해왔던 것과 같은 깨어짐은 없었다.

또다른 적용은 튜브 니트 기계에 대하여 수행해왔다. 연기동은 제어기로 기동시 필요한 토크 제어를 해왔었던 플랫 벨트를 대체했다.

직조 장소의 난방 및 환기에 대해서도 적용을 해왔다. 마이크로 컴퓨터 연기동 제어기는 제어방식으로 대용량 팬을 기동하는 데 사용되었다. 제어된 토크는 벨트의 소음을 감소시키고 벨트의 수명을 연장시켰다. 에너지 절약기 기능이 평가되고 있다. 그러나 주관심사는 제어된 가속이다.

옷감 검열대 또한 변속을 하지 않고 토크 제어를 필요로 하는 영역이다.

여기서의 의미는 토크를 제어하여 어떠한 제품의 손상을 제거하는 것을 말한다. 또다른 부수적인 이점은 접촉기에서 요구되는 보수를 감소할 수 있었다. 재료를 운송하는 모터의 급기동 및 정지는 연기동 제어기가 전력 회로에 접점이 없기 때문에 접점의 마모를 일으키지는 않는다.

반도체 연기동으로 급 사이클링을 할 수 있는 것이 마이크로 컴퓨터의 유용성을 보여주는 것이다. 마이크로 컴퓨터로 기동 시간을 약 1/3초로 감소시킬 수 있다. 이것은 모든 적용에 있어서 선상기동과

같다.

회전 운전에서 전자 기계 접촉기는 방직용 실의 꼬임을 막기 위하여 실패의 기동 정지를 위해 사용하였다. On, Off의 사이클은 매 2초당 한번이었다. 마이크로 컴퓨터 제어 장치는 최소로 설정하였고 설치된 이후 만족스럽게 운전되어 오고 있다.

결론

마이크로 컴퓨터형 연기동 모터 제어기는 섬유계에서 다양한 응용에 대하여 토크 제어를 제공하고 반도체의 신뢰성을 제공할 수 있다. 이러한 장치를 적용할 때 어떤 경우의 적용 모터와 부하 토크 특성에 대한 분석을 필요로 할지도 모른다.

마이크로 컴퓨터 제어를 사용하면 변경이 쉽게 이루어지므로 Ramp 가속 일정 전류나 전전압과 같은 기동 방식을 변경할 수 있다. 이러한 제어기는 또한 부수적인 이점으로서 추가의 보호 및 진단 기능을 제공할 수 있다.

새해 복 많이 받으세요

대한전기기사협회

임직원 일동