

편향요크코일의 에나멜 탈피 및 통전성형을 위한 탈피통전기의 개발

정수화*, 윤종순 (LG전자), 권우현 (경북대)

Development of the controller for peeling off the enamel and
forming of deflection yoke coil

Soo-Hoa Jeong, Jong-Soon Yun (LG Electronics),
Woo-Hyun Kwon (Kyung-Pook National University)

(Abstract) Developed controller is the part of deflection yoke winding machine which controls the power to form the deflection yoke coil into desired shape after winding. So as to form the deflection yoke coil, it is needed to melt the bonding material which is spreaded on the coil. The heat melt the bonding material which is produced by flowing the current through the wound coil. Therefore, at first it is needed to peel off the enamel from the wound coil so as to flow the current, and then supply the power to produce the heat which form the wound coil into desired shape. Naturally developed controller is composed of the peeling part and the conduction and forming part. All of them consist of the inverter structure and control the output current. The peeling is achieved by low voltage and high AC current, the conduction and forming is by DC current. Developed controller also has a function that detect the resistance of the deflection yoke coil to prevent the damage of the load which is produced by poor peeling.

자동권선기에서의 권선동작은 권선, 탈피, 통전 즉 성형 그리고 배출을 반복 수행하는데 만약 탈피가 제대로 되지 않아서 성형 불량이 되거나, 적은 가닥으로 많은 전류가 흐르게 되면 과열되어 기구물에 용착되는 사고가 발생되고 심한 경우 전극을 파괴시키는 원인이 된다. 따라서 탈피가 잘 되었는가를 확인하고, 권선기의 본체와 누전되는 곳이 없는가를 측정해야 한다. 이러한 목적을 위하여 부하인 편향요크코일의 저항을 자동 측정할 수 있는 장치가 필요하다.

본 논문에서는 편향요크코일을 성형하기 위한 탈피통전기를 설계 제작하였다. 탈피 및 통전제어기에 들어가는 전력 변환기는 모두 IGBT를 사용한 단상 인버터이다. 통전제어기는 권선기의 자화를 막고 성형코일의 진동을 최소화시키기 위하여 양방향 정전류원이 되도록 구성하였다. 탈피제어기는 전류제어형 교류전원으로 구성하였다. 따라서 편향요크코일의 종류에 무관하게 항상 정전류원으로 동작하므로서 제어영역을 확장시켰고, 자동 저항 확인 기능을 추가하여 통전시의 부하 파손을 예방할 수 있도록 하였다.

1. 서론

탈피통전제어기는 편향요크코일을 권선하는 자동 권선기에서 코일을 권선하고 일정한 형태로 성형하기 위한 성형공정에 요구되는 제어장치이다. 편향요크코일을 성형하기 위해서는 코일에 도포된 본딩재료를 열을 가하여 녹여 용착되도록 하여야 하며, 이를 위해서는 권선된 코일에 전류를 흘려보내 열이 발생되도록 하여야 한다¹⁾.

따라서 본 제어기는 먼저 전기가 흐를 수 있도록 코일의 절연층인 에나멜층을 탈피하는 탈피제어기와 탈피된 코일에 전기를 인가하여 원하는 발열이 되도록 제어하는 통전제어기로 구성된다. 탈피는 권선된 선들을 길이로 약 5mm폭으로 일을 가하여 탈피하여야 하므로, 저전압 고전류가 필요하다. 이와 같은 저전압 고전류는 직접 제어하기가 어려우므로 강압 변압기를 사용하여 1차측을 제어한다. 반면 통전제어기는 권선된 코일에서 발열이 되도록 전류를 흘려주는 것이므로 교류나 직류나 무관하나 통전중 성형코일의 진동을 최소화시키기 위해서는 정전류가 요구된다.

2. 본론

2.1 권선기의 구조

편향요크코일을 자동권선하는 권선기는 그림 1과 같은 구성을 가진다. 장력조정장치를 통하여 여러 가닥의 선이 들어오면,

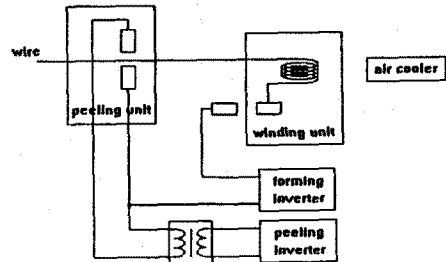


그림 1. 자동 권선기

Fig. 1. Automatic winding system.

이것을 5축 서보와 PLC제어에 의해서 움직이는 권선장치에 의해서 원하는 형상으로 정해진 길이만큼 자동권선된다. 권선이 끝나면 탈피제어기는 탈피부의 전극에 열과 압력을 가해 코일선의 에나멜을 탈피시킨다. 따라서 탈피부 전극과 코일선은 도통상태가 되며, 통전제어기는 권선기에 있는 나머지 한쪽 전극을 통하여 성형전류를 권선된 코일에 흘려보내 열을 발생시켜 성형시킨다. 성형이 끝나면 공기로 냉각시켜 자동배출한다.

2.2 선의 구조 및 특성

편향요크코일에 사용되는 선은 그림 2와 같이 동선 위에 선을 절연시키기 위한 에나멜층을 바르고 그 위에 다시 열을 가하여 성형시키는 물질로 바뀐 자체본딩층으로 구성되어 있다. 에나멜 절연층과 본딩층의 두께는 동선의 굵기에 따라서 다르며, 본딩층의 물질도 전기적인 절연 특성을 가진다.

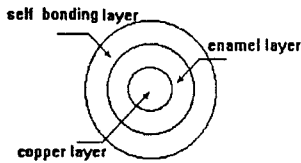


그림 2. 선의 단면도

Fig. 2. Cross section of polyesterimide wire.

표 1. 선의 굵기

Table 1. Wire thickness

Copper diameter	Enamel thickness	Bonding thickness	Total isolation thickness
0.1mm	9 μ	16 μ	25 μ
0.4mm	15 μ	23 μ	38 μ

에나멜 절연층은 500 - 600 $^{\circ}$ C로 가열하면 파괴되며, 본딩층은 폴리에스테르계의 물질로 180 $^{\circ}$ C이상 가열되면 점착력이 나타나며 약 550 $^{\circ}$ C내외에서 타는 특성을 가진다.

동선 굵기가 0.4mm인 것은 5-12가닥을 동시에 권선하여 편향요크코일을 만들며 이 경우 인덕턴스는 약 1.2mH이고 직렬 저항은 3.2 Ω 정도가 된다. 반면 동선 굵기가 0.1mm인 것은 7개 가닥을 한 리츠선으로 만들어 사용하며 보통 3개의 리츠선이 동시에 권선된다. 따라서 이 경우 인덕턴스는 190 μ H, 저항은 0.7 Ω 부근이 된다.

2.3 탈피통전기

편향코일의 불량은 인덕턴스와 지항값의 변화가 주된 이유이다. 인덕턴스 값의 변화는 권선되는 코일의 길이 변화, 성형불량 및 외형불량 등에 의한 것이며 이중 성형불량이 가장 큰 원인이 되며, 이는 TV에서 R.G.B.의 불량으로 연결된다. 성형불량은 권선된 코일이 전부 성형되지 못하고 일부만 성형되거나 성형이 덜됨에 의해서 코일의 밀도 불량 등은 나타내며, 이를 해결하기 위해서는 기존의 정전압 통전제어보다는 정전류 통전제어

가 유리하다. 다음은 설계 제작된 탈피통전기의 사양이다.

표 2. 탈피제어기 사양

Table 2. Peeling Controller Specification.

Item	Specification
Input voltage	3phase AC 220V, 60Hz
Power rating	10KVA(max)
Output voltage	AC 0V-7V(secondary)
Upslope time	0.00-2.00sec
On-time	0.00-15.00sec
In/out line	Input 4, Output 11

표 3. 통전제어기 사양

Table 3. Forming Controller Specification.

Item	Specification
Input voltage	3phase AC 220V, 60Hz
Power rating	10KVA(max)
Output current	DC 0A-150A
Output voltage	DC 0V-200V
Upslope time	0.00-2.00sec
On-time	0.00-15.00sec
In/out line	Input 4, Output 11

<탈피기의 동작원리>

코일의 에나멜층을 탈피시키는 기법으로는 크게 그라인딩하는 방법과 열을 가하여 에나멜층을 연소시키는 방법이 있다. 그라인딩을 하는 하는 경우에는 동선이 굵고 동선의 개수가 많지 않을 경우에 주로 사용된다. 반면 연소시키는 방법은 선이 가늘고 여러 가닥으로 구성되어 있을 때 사용되며 본 탈피기에서 사용하는 방법이다. 탈피방법을 500~600 $^{\circ}$ C로 선을 가열하면 에나멜층이 파괴되고, 열을 가함과 동시에 압력을 가하면 자체본딩층에 있는 수지가 같이 녹아 압력에 의해 밖으로 밀려나오면서 에나멜을 제거시키는 것이다. 따라서 단순하게 열만 가하는 것이 아니라 압력을 인가해야하므로 탈피 전극은 두개의 히터판으로 구성되어 있다. 그러나 최근 들어 편향요크코일의 성능을 개선하기 위하여 일반동선보다는 리츠(Litz)선을 사용하며 이는 보다 가는선을 여러 가닥 사용하므로써 단순 접촉식 히터판으로는 완전 탈피가 불가능하였다. 또한 단순 접촉식 히터판은 탈피찌꺼기가 히터판에 누적되므로 연속사용시에 불량 발생확률이 높게 된다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 전극과 동선이 직접 접촉되지 않고 중간에 단자판을 삽입하여 간접적으로 접촉되도록 하는 단자판 방식이 제안되었다. 이 방법에서의 가열방법은 외부 히터판으로는 불가능하며 따라서 전극을 통하여 단자판에 지전압 고전류를 순간적으로 흐르게 함으로서 단자판이 발열하고 그 중간에 동선을 삽입하여 단자판을 압착하므로써 탈피가 되도록 하고 있다. 이의 구성도는 그림 3과 같다.

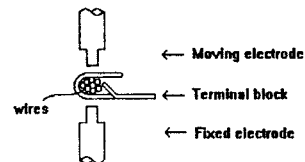


그림 3. 탈피 전극 구조

Fig. 3. Peeling electrode using terminal block.

<통전기의 동작원리>

통전기는 탈피후 권선코일에 약 10A-100A의 DC전류를 통전하여 선의 본딩층이 열에 의하여 녹아서 자발적으로 서로 본딩이 되도록 하는 장치이다. 본딩 온도는 약 180°C이나, 권선의 가장자리부분은 열이 방열되므로 실제 온도는 이보다 약간 높게 설정한다.

2.4 부하저항 측정장치

통전시 탈피불량에 의한 성형불량이나 전극파괴를 막기 위해서는 부하의 상태를 미리 파악해야 한다. 즉 탈피가 불량할 경우 전극에서 아크가 발생하여 단선되며, 작은 가닥으로 많은 전류가 흐르게되면 파열되어 기구물에 용착되는 사고가 발생된다. 따라서 탈피불량 정도를 통전 전극을 통하여 부하의 저항을 측정하므로 확인할 수 있고, 측정치가 주어진 범위를 벗어나게되면 자동으로 통전에 들어가지 않도록 한다. 제작된 부하저항 측정장치는 그림4와 같으며, 전극에서의 접촉불량등에 의한 영향을 최소화하기 위하여 측정시 최대 5A까지 흐르도록 하였다. 그리고 부하전류를 측정하기 위하여 별도의 센서를 사용하지 않고 통전기에 사용되는 누설전류측정용 홀센서를 겸용으로 사용하였다.

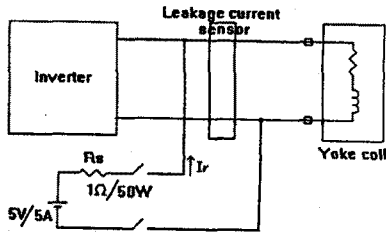


그림 4. 부하저항 측정장치

Fig. 4. Load resistance check circuit.

3. 실험결과 및 고찰

개발된 탈피통전제어의 기본 구성도는 그림 5와 같다.

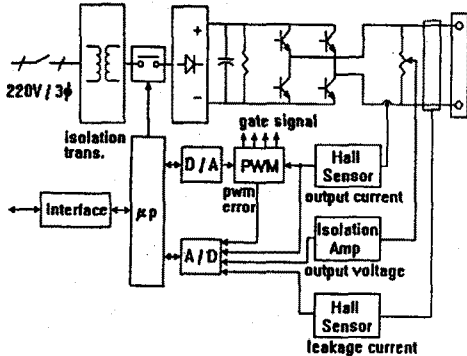


그림 5. 제어기 구성도

Fig. 5. System block diagram.

3상 220V전원을 절연용 3상 변압기를 거쳐 전파정류하여 직류로 만들고 이것을 IGBT를 사용하여 전브리지형태로 구성하였

다. 탈피, 통전 모두 출력전류를 제한받아서 제어하는 전류루프를 구성하였고 PWM방식은 삼각파 비교방식을 사용하였다²⁾. 그리고 부하의 극심한 변동에도 최소 차단 및 도통시간을 보장하기 위하여 이중밴드 동기식 제한기를 추가하였다. 또 출력전압을 잃어가기 위하여 절연 증폭기를 사용하였으며 권선기와의 누설전류를 감지하기 위하여 누설전류 센서를 부착하였다. A/D, D/A는 12bit 분해능을 가지며, 현재 PWM제어기의 PWM오차를 감지하여 시스템 동작상태를 파악하도록 하였다. 그림 6은 탈피기의 전류파형들이다. (a)는 upslope 시간을 0.5초 On 시간을 3초, 탈피전류를 20A로 설정시 1차측 전류파형이다. (b)는 정출력시 전류파형을 확대한 것으로 72Hz이며, 영전류 부근에서의 파형왜곡은 PWM제어시 dead time에 의한 것이다. 그리고 (c)는 기준전류에 대한 출력전류 파형을 보이고있다. 그림에서 위쪽이 기준전류이며 아래쪽이 출력전류인데 기준신호크기가 적어 잡음을 많이 타고 있으나 출력전류는 기준신호는 아주 잘 추종함을 볼 수 있다.

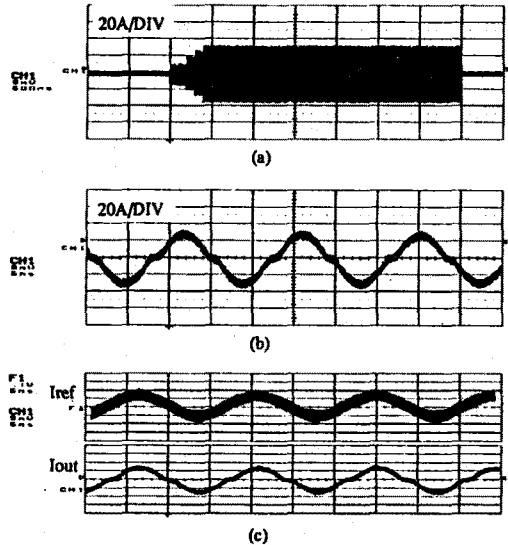


Fig. 6. Output current waveforms of peeling controller.

그림 6. 탈피기의 출력전류파형

그림 7은 제작된 통전기의 통전시의 전류파형들이다. 설정조건은 upslope 시간 0.5초, On 시간 1.6초 그리고 통전전류 50A인 경우이다. 그림 7의 (a)는 정방향, (b)는 역방향 통전시이며, 이것은 매번 자동으로 서로 교번되도록 하여 권선기가 심하게 자화되는 것을 억제한다. 그리고 출력전류의 리플을 최소화하여 통전중 코일의 진동을 최소화시키도록 하였다. 코일에 정전류가 흐르면 열이 발생하고 이것이 코일의 길이를 늘어나게 하므로 심한 진동은 원래의 형태를 변경시켜 성형불량을 유발할 수 있다.

그림 7의 시간축 시작부근의 전류는 통전전류를 흘리기 전에 부하의 저항을 측정하기 위한 부하저항 측정전류이다. 통전제어기는 이 전류를 읽어들이 부하저항을 계산하고 설정된 저항범위를 벗어나며 통전을 시작하지 않고 오류경보를 발생한다.

부하저항 측정기능은 주 제어기의 요구에 의해서 수동으로 동작할 수 있도록 하였다.

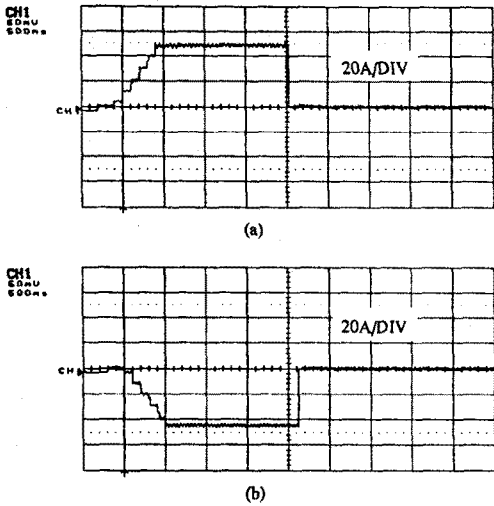


Fig. 7. Output current waveforms of conduction controller.

그림 7. 통전기의 출력전류파형

4. 결론

편향요크코일을 권선하는 권선기에서 코일을 권선후에 일정한 형태로 성형시키는 탈피통전제어기를 개발하였다. 개발된 탈피통전제어기는 IGBT를 사용하여 단상 인버터 구조로 구성하였다. 그러므로 출력형태는 모두 프로그램에 의해서 결정되며 통전제어에서는 양방향 직류전류 제어가 되도록 하였고, 탈피제어에서는 교류전류원이 되도록 하여 트랜스플 이용 저전압 고전류의 출력을 얻도록 하였다. 그리고 탈피 불량을 확인하는 부하저항 측정 기능을 부가하여 통전시의 불량 및 사고를 예방할 수 있게 하였다.

5. 참고문헌

1. 새이와 탈피통전기 취급설명서, 일본새이와 상사
2. D. M. Brod and D. W. Novotny, "Current control of VSI-PWM Inverter," *IEEE Tran. on Industry Applications*, vol. IA-21, no. 4, pp. 562-570, May/June 1985.
3. J. Holtz, "Pulsewidth Modulation for Electronic Power Conversion," *Proceedings of the IEEE*, 82, no. 8, pp. 1194-1214, Aug. 1994.