



Environmental Potentials

Power Quality For The Digital Age

표피효과와 근접효과로 인한 전력손실

An Environmental Potentials White Paper

전기기기의 발열

전력품질 향상 목적의 주요한 하나는 전기기기내의 발열을 줄이는 것이다. 전기 배선에서 그 중심은 전선이다. 전선은 한 시스템 안에서 수만 피트가 될 수 있으며 이 전선이 열의 주요 원천이다. 열은 전선 스스로의 성능을 떨어뜨리며 에너지 손실 및 소손을 일으키는 원인이다.

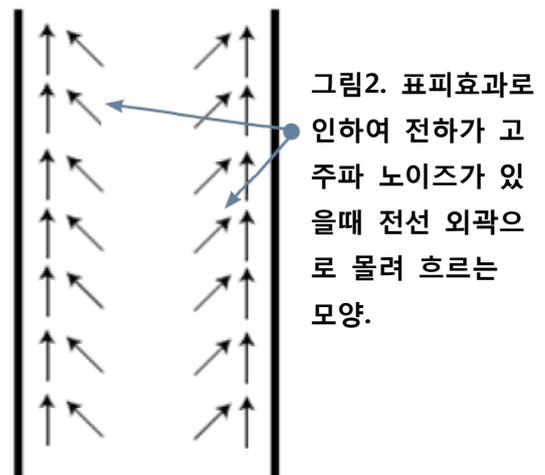
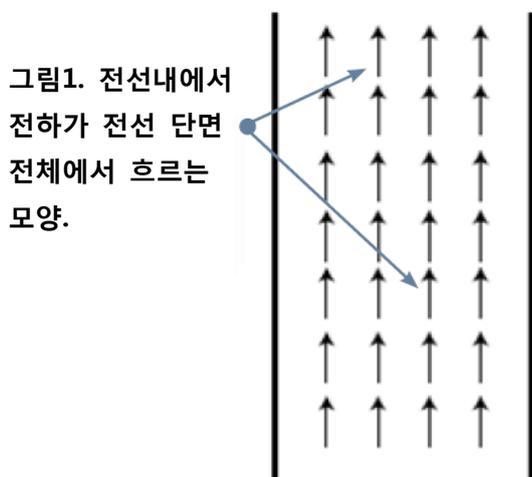
전기장치 내의 저항은 항상 일정하지 않다. 이 저항은 습기, 전선의 길이, 선내의 고주파 노이즈 존재 여부 등 수많은 요소에 따라 변한다. 전선은 전기가 흐르는 주 통로이며 전기장치의 중심이다. 전선내의 저항은 전기에너지의 일부를 열로 바꾼다.

전선내의 열은 배전시스템의 효율을 저하시킨다. 심지어 화재도 일으킬 수 있다. 전선의 발열, 냉각이 반복되면 전선 연결부가 이완되어 아크가 발생할 수도 있다. 아크 발생에 의한 열은 982℃까지 높아질 수 있으며, 이는 목재 등 절연재를 인화시킬 수 있는 온도이다.

그런데, 이 열발생의 주원인이 표피효과와 근접효과 때문임을 다음에 기술하고자 한다.

표피효과(Skin Effect)란?

표피효과란 전류가 전선의 중심부 보다 외곽으로 몰려 흐르고자 하는 경향을 말한다. 그런데 1kHz-1.5MHz 대의 고주파 노이즈가 있으면 전선의 유도리액턴스를 증가시키며, 이는 전하를 더욱 전선의 외곽으로 몰아 결과적으로 전선의 사용 단면적이 작아지게 되는 효과를 낸다.



위의 두 그림에서 전선 단면에서 전하가 어떻게 흐르는지를 볼 수 있다. 그림1은 이상적인 경우이고, 그림2는 고주파로 인해 전하가 전선 내의 외측으로 몰려 흐르는 모양을 보여준다. 이는 마찰 에너지 즉, 열을 발생시킨다. 발생한 열은 전선 피복을 통하여 방산된다. 피복이 플라스틱 같은 물질인 경우 열 방산이 오랫동안 지속 된다면 결국 전선의 수명이 줄어들게 된다.

근접효과(Proximity Effect)

표피효과와 함께 근접효과는 모든 전기 시스템에서 발견되는 문제이다. 근접효과란 자장이 한 도선으로부터 인접한 다른 도선으로 뛰어 전달되는 현상이다.

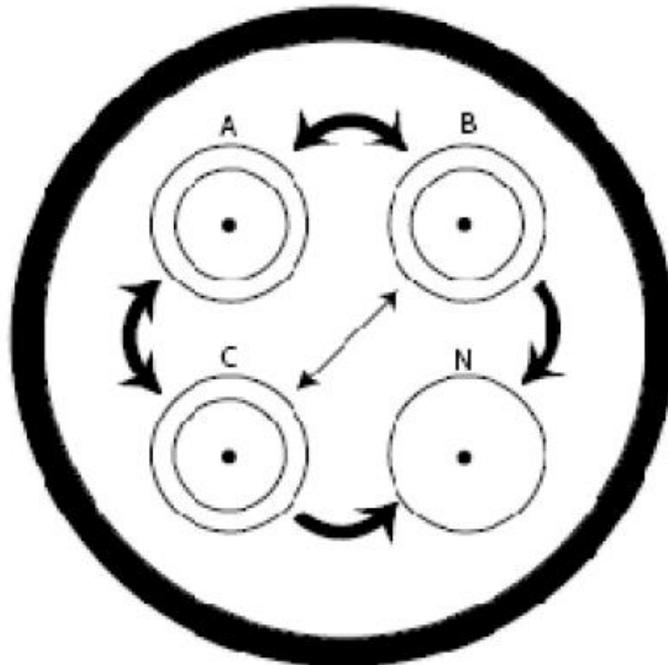


그림3. 삼상선과 중성선이 같이 있는 케이블의 단면에서 근접효과를 보인 그림

위 그림3에서는 각 상선간 또는 상선과 중성선 간에 자장이 넘나들 수 있음을 보여준다. 고주파 노이즈가 존재하면 각 상으로 노이즈가 전달되어 상간 자장 불균형을 초래한다. 자장이 고르지 않으면 한 도선 내의 삼상간 전류가 다르게 됨을 뜻한다. 삼상으로 구동되는 부하가 제대로 움직이려면, 삼상 각상의 전류가 같아야 하는데, 만약 각상의 전류가 다르게 되면 부하의 기능 발휘가 불충분하게 될 뿐만 아니라 역률과 효율이 저하된다. 이는 근접효과로 인하여 부하 불균형이 생기기 때문이다. 근접효과는 전선의 배열이 달라지고 전선의 도체가 굵은 곳에서도 생긴다. 또 근접효과로 인하여 도선의 AC저항이 상당히 커져 저항손실도 발생한다.

전기모터에 대한 표피효과와 근접효과의 실상

부하 불균형은 부하에 흐르는 전류의 불균형으로 정의한다. 삼상전원에서 각상의 전류의 크기는 같아야 정상이다. 삼상간에 전류크기가 다르면 부하의 성능이 저하된다. 그 실제를 보자.

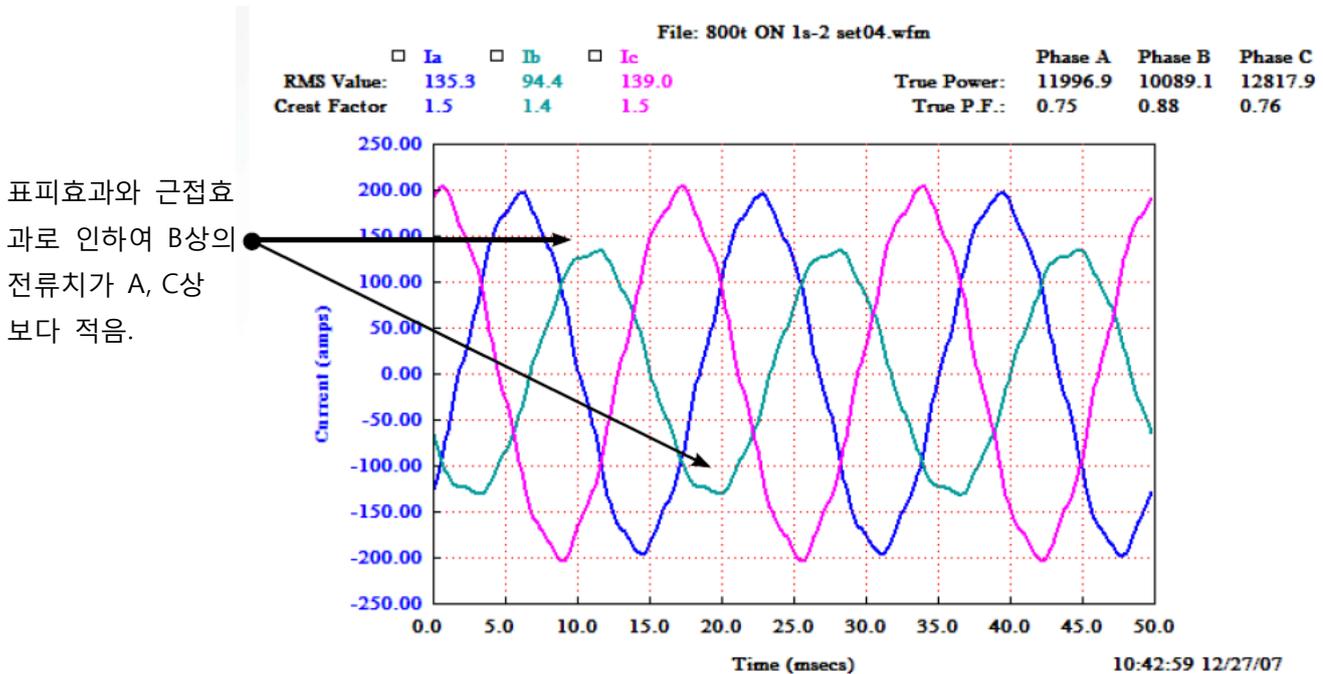


그림4. EP 설치 전 실제 삼상 모터의 상별 전류 그래프

이 그래프는 4분간 23.5회 프레싱을 하는 800t급 프레스기에서 측정한 값이다. 그래프가 나타내는 바와 같이, 상당한 상간 불균형이 보인다. A상과 C상은 135.3 amp, 139.0 amp인 것에 비하여 B상은 94.4 amp 이다. 이러한 불균형이 생기면 기기의 성능 저하로 이어지는 것이다.

이와 같은 현상을 수정하려면 표피효과와 근접효과를 최소화 시켜야 한다. EP사의 파형수정 특허기술은 유해한 고주파 노이즈를 여과 시킴으로써 표피효과와 근접효과를 감소 시킬 수 있다.

다음 그래프는 동일 프레스기에 EP장치를 3개월 동안 설치한 후의 측정값이다.

EP 설치 후 A,B,C 상의 전류치가 비슷하여 균형이 잡힘.

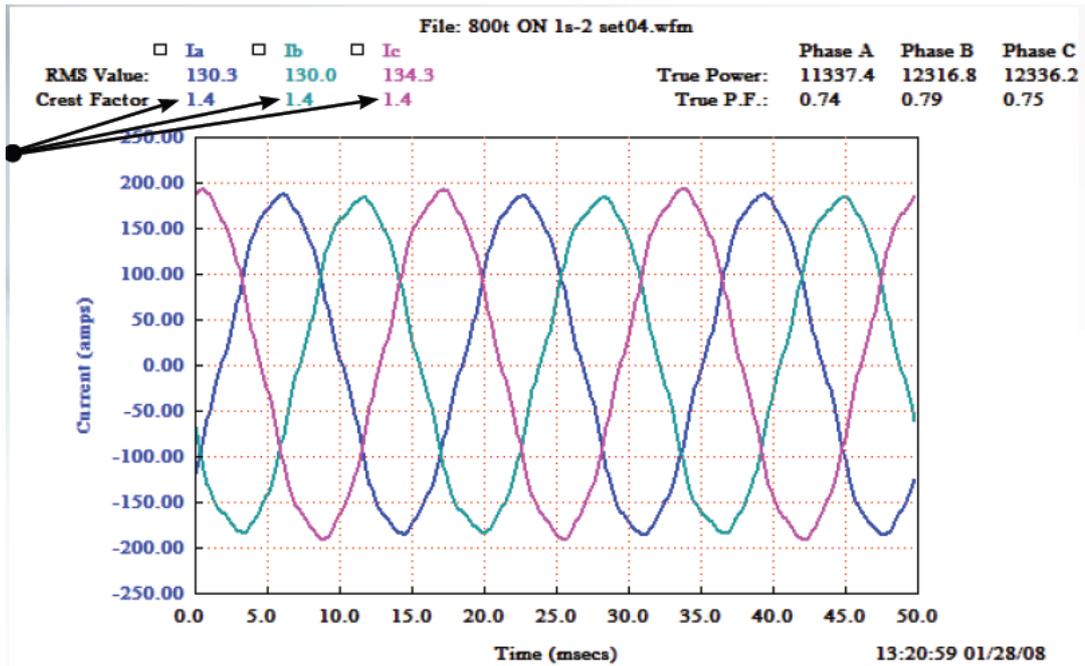


그림5. EP 설치 3개월 후의 상별 전류 그래프

위 그림에서 전류치가 A상 130.3 amp, B상 130.0 amp, C상 134.3 amp 으로 되어 있다. 3개월간 고주파 노이즈를 흡수 제거한 결과 이 800t급 프레스기는 4분간 35회 프레스링 함으로써 종전의 23.5회 대비 48%의 생산성 향상이 이루어졌다. 동일한 시기에 모터의 열 발생도 14% 감소 하였다.

결어

전기배전시스템에서 열은 전력손실의 주요부분이다. 도선은 배전시스템의 중심이고 열도 여기서 생긴다. 1kHz-1.5MHz 대역의 고주파 노이즈는 도선 내에 표피효과와 근접효과를 증가 시킨다. 이들은 열 손실과 전류 불균형 발생의 주요 원인이다.

EP사의 파형교정 특허기술은 현재 시스템으로부터 유해한 고주파 노이즈를 제거하는 가장 안전하고 효율적인 기술이다. EP 파형보정기술은 강력한 저주파 통과 여과기(Low Pass Filter)로서 노이즈를 제거할 뿐만 아니라 파형의 정현파적 성질을 유지하게 하여준다. 이로써, 열 발생과 전력손실을 최소화 한다.

