

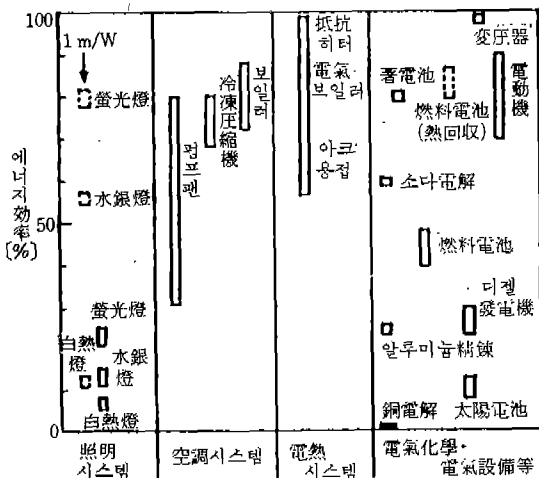
電氣設備에서의 에너지節約

1. 電氣機器의 에너지節約

전기기기의 에너지 절약대책 (주로 효율향상대책)에 대하여 해설하기로 한다. 전기기기 뿐만 아니라 각종 기기에는 그 기기 특유의 에너지 변환양식이 존재하며 변환에서는 반드시 손실이 수반된다.

전기기기의 에너지 절약대책은 이 손실을 극력 작게 하는 것이다. 손실의 비율(손실 에너지 / 입력 에너지)은 부하율과 함께 변동한다. 따라서 기기의 설계에서는 정격효율과 부분부하시 효율의 쌍방에 주의해야 된다.

그림 1은 각종 시스템 기기의 정격효율의 개략범위를 든 것이다. 조명 시스템에서는 가시광역의 에너지 효율과 광속기준의 효율[1m/W]이 표시되어 있다. 전기기기는 조명은 별문제로 하고 효율은 일



〈그림-1〉 각종 시스템機器의 에너지 變換效率

반적으로 높으며 효율향상은 상당한 노력을 요한다는 것을 전제로 다음의 설명을 한다.

(1) 變壓器

(1) 변압기의 손실

변압기의 손실에는 그림 2와 같이 무부하손, 부하손, 보기손이 있다. 규약효율은 다음 식으로 표시되며 보기손은 포함되지 않는다.

$$\text{규약효율} = \frac{\sqrt{2} V_2 I_2 \cos \theta}{\sqrt{3} V_2 I_2 \cos \theta + W_i + W_c} \times 100 [\%]$$

단, V_2 : 2차전압 [kV], I_2 : 2차전류 [A]

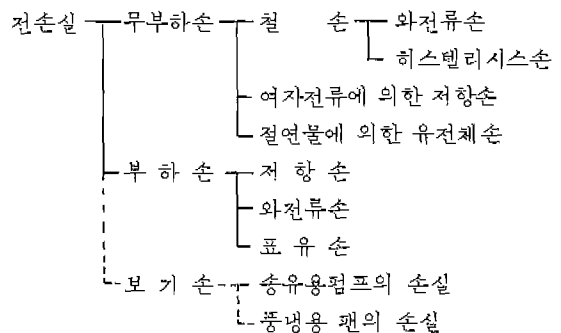
$\cos \theta$: 2차역률, W_i : 무부하손 [kW]

W_c : 부하손 [kW]

특별히 지정하지 않은 때에는 변압기의 규약효율은 역률 100%, 전부하시로 표시한다.

(2) 에너지節約對策

변압기의 에너지 절약대책은 변압기 자체 (보기포함)의 손실의 경감과 사용하는 측에서의 부하실태를 고려한 고효율운전의 양면에서 실시해야 되는데



〈그림-2〉 變壓器의 損失

여기서는 전자에 대하여 설명한다.

표 1은 변압기의 손실경감대책을 든 것이며 대용량변압기를 중심으로 표시했다. 배전용 중용량변압기에 대해서는 경제성의 관점에서 표의 대책이 채용되고 있다.

無負荷損의 輕減: 무부하손의 대부분은 철손(와전류손과 히스텔리시손)이다. 따라서 에너지 절약대책으로서는 철손이 적은 철심재료를 사용하는 것과 磁路의 磁氣抵抗을 적게 하여 자속이 용이하게 통과할 수 있도록 하는 것이다.

배전용 변압기에 대해서는 종래에는 값이 싸고 입수가 용이한 무방향성 규소강판을 채용하고 있었는데 저손실형 변압기에서는 방향성 규소강판을 채용하게 되었다. 규소강판의 철손특성의 일례를 표 2에 들었다. 대용량변압기에서는 방향성 규소강판 중에서도 GH클래스의 高配向性 규소강판이 채용되고 있다.

규소강판에 대해서는 더욱 저손실을 위해 메이커

〈표-1〉 變壓器의 損失 輕減對策

| | | |
|----------|-----------------|--|
| 무부하손의 경감 | 저손실강판의 사용 | <ul style="list-style-type: none"> 방향성 규소강판의 사용 아몰파스 철심(장차) 최고급방향성 규소강판 |
| | 철심구조의 개선 | <ul style="list-style-type: none"> 3상권철심 3상 테두리 철심 기타의 접합부구조의 개량 |
| | 철심절적률의 향상 | |
| 부하손의 경감 | 코일절적률의 향상 | <ul style="list-style-type: none"> 절연구조의 개량 냉각개선 |
| | 권선의 표유손 경감 | <ul style="list-style-type: none"> 코일도체의 개량 권선구조의 개량 |
| | 탱크, 구조물의 표유손 경감 | <ul style="list-style-type: none"> 자기 차폐구조의 개량 |
| 보기손의 경감 | 냉각기의 저손실화 | <ul style="list-style-type: none"> 에너지 절약형 냉각기 고효율 냉각선 |
| | 냉각기의 운전제어 | <ul style="list-style-type: none"> 펌프, 팬의 가변속운전 냉각기의 부하제어 냉각기의 온도제어 |
| | 절전형냉각방식 | <ul style="list-style-type: none"> 프론냉각기 축열조식 수냉 |
| 기 타 | 고효율변압기 | <ul style="list-style-type: none"> 물드형 변압기 |

〈표-2〉 규소강판의 特性比較

| 材 質 | 두께 [mm] | 鐵損 [W/kg] |
|-------|---------|-----------|
| 無方向性 | S-14 | 0.35 |
| 方 向 性 | G-13 | 0.35 |
| | G-12 | 0.35 |
| | G-11 | 0.35 |
| 高配向性 | G-6H | 0.3 |

철손은 주파수 50Hz, 최대자속 밀도 1.5T의 철손을 표시했다.

〈표-3〉 變壓器의 特性比較

| | | 아몰파스철심 | 方向性 규소 강 (G-6H) 鐵心 |
|-----|----------|--|--------------------|
| 仕 樣 | | 물드식 自冷 F種絶緣 三相60Hz35kVA 6kV/210, 105V | |
| 特 性 | 無負荷損[W] | 49 | 238 |
| | 無負荷電流[%] | 0.5 | 5.0 |
| | 負 荷 損[W] | 980 | 954 |
| | 効 率[%] | 97.14 | 96.71 |

의 연구, 개발이 추진되고 있으며 레이저照射 규소강판도 그 예의 하나이다.

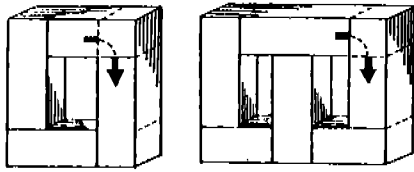
고성능 철심재료로서 주목되고 있는 아몰파스 철심은 방향성 규소강판의 약 1/3의 철손특성을 가지고 있으며 이것을 사용한 변압기의 시작이나 수명 테스트 등이 많은 연구자와 메이커에 의하여 추진되고 있다.

표 3은 규소강 철심변압기와 아몰파스 철심변압기의 비교이다.

여기서 아몰파스 합금에 대해서 설명해 두기로 한다. 아몰파스(a-morphous)란 원래 형태가 정해져 있지 않다는 뜻이며 현재는 결정구조를 갖지 않는 고체를 뜻한다.

아몰파스 합금의 제조방법은 여러가지가 있는데 液相에서 급냉하여 만드는 액체급냉법이 일반적이다. 합금에는 Fe-Si-B, Fe-Si-B-C 합금 등이 있다. 아몰파스 합금에는 고강경도, 내식성, 저철손 등 우수한 특성을 많이 가지고 있으며 그 응용에 대하여 여러가지로 연구가 되고 있다.

다음에 철심구조의 개선에 대하여 설명한다. 무방



(a) 單相積鐵心 (b) 三相積鐵心

〈그림-3〉 短冊形積鐵心構造의 일례

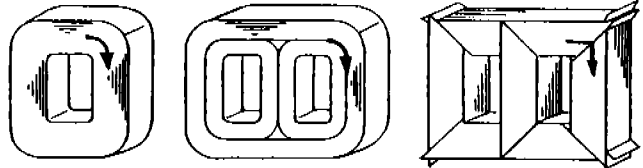
향성 규소강판 채용의 변압기는 그림 3과 같이 短冊形 積鐵心構造가 채용되고 있었다. 그러나 방향성 규소강판을 채용함에 있어서는 자속의 방향과 규소강판의 압연방향을 완전히 일치시켜야 하며 그림 4와 같이 捲鐵心構造나 테두리철심구조가 채용되게 되었다. 이들은 원리적으로는 기저의 사실로서 단상 권철심은 주상변압기에 오래 전부터 채용되고 있는데 제조기술과 코스트 면에서 문제점이 있으며 3상용에 채용되기에 이른 것은 근년에 와서 일이다. 대용량변압기에서는 권철심으로는 안되며 이것은 아무래도 이음새가 생긴다. 에어갭의 발생은 자기저항이 증대되어 손실이 증가한다. 가급적 에어갭을 적게하기 위해 여러가지로 개량이 가해지고 있다.

負荷損의 輕減: 부하손은 권선의 저항손이 대부분이다. 권선의 저항은 코일 단면적을 크게 하면 작아지는데 와전류손이나 도체의 사용량이 증가하므로 전체적인 코스트 평가가 필요하다. 기타의 손실로서 코일 내의 와전류손, 순환전류손, 탱크, 구조물의 漂遊損 등이 있다.

이들에 대하여 컴퓨터를 사용한 磁界, 漂遊損 해석이 되고 있으며 이에 의거하여 구조면에서 여러가지로 개선이 되고 있다.

補機損의 輕減: 자냉식에는 보기가 없는데 풍냉식에서는 냉각 팬을, 송유식에서는 송유 펌프를 사용한다. 이들 보기의 고효율화와 함께 냉각 팬이나 송유 펌프의 회전자수를 인버터에 의하여 부하를 또는 유온에 따라 변화시켜 보기동력의 절감을 기하고 있다.

몰드變壓器: 몰드 변압기는 에폭시 수지를 몰드注型한 것으로 고압권선, 저압권선 모두 에폭시 수



(a) 單相卷鐵心 (b) 三相卷鐵心 (c) 三相額緣鐵心

〈그림-4〉 低損失形 鐵心構造의 일례

지로 완전히 싸여 있다. 특징은 다음과 같다.

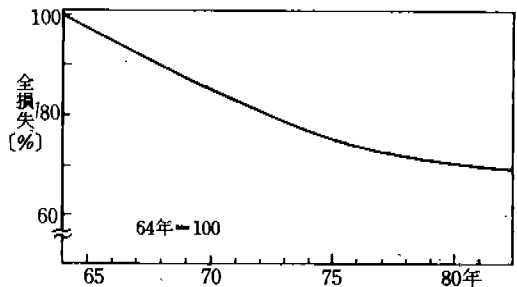
- ① 난연성
- ② 저전력손실
- ③ 소형, 경량
- ④ 내습성

기 타: 발생손실을 유효하게 활용함으로써 효율을 향상시키는 방법이 고안되어 발생손실을 회수하여 난방, 급탕에 이용하고 있는 예가 있다.

(3) 효율향상의 예

표 4는 배전용 변압기의 특성비교예이다. 종래의 유입자냉형에 비하여 유입에너지 절약형은 효율에서 0.4~0.6포인트, 몰드형은 0.5~0.8포인트 효율이 향상되고 있다. 또한 용적비도 대폭적으로 저감되고 있다.

그림 5는 대용량변압기의 예를 든 것이다. 1964년제의 손실을 100이라 하면 1982년제의 그것은 약 70이다.



〈그림-5〉 大容量變壓器 全損失의 低減

(2) 電力用 콘덴서

(1) 電力用 콘덴서의 손실

〈표-4〉 變壓器의 特性比較例

| 相數 | 容量 [kVA] | 絶緣種類 | 全損失 [kW] | 効率 [%] | 勵磁電流 [%] | 電壓變動率 [%] | 입피던스 [%] | 容積 [m³] | 重量 [kg] | 容積比 |
|----|----------|--------|----------|--------|----------|-----------|----------|---------|---------|-----|
| 3 | 100 | 물 드 | 1.8 | 98.2 | 3.5 | 1.43 | 4.0 | 0.315 | 600 | 54 |
| | | 乾 式 | 3.1 | 96.99 | 6.2 | 2.2 | 4.6 | 0.707 | 600 | 120 |
| | | 油 入 | 2.67 | 97.4 | 6.5 | 1.3 | 2.7 | 0.587 | 610 | 100 |
| | | 에너지절약형 | 2.04 | 98.0 | 5.5 | 1.8 | 3.0 | 0.46 | 550 | 78 |
| 3 | 300 | 물 드 | 4.3 | 98.60 | 2.6 | 1.1 | 4.2 | 0.756 | 1,400 | 48 |
| | | 乾 式 | 6.5 | 97.88 | 4.4 | 1.6 | 5.0 | 1.12 | 1,270 | 71 |
| | | 油 入 | 6.44 | 97.9 | 5.5 | 1.6 | 3.3 | 1.58 | 1,450 | 100 |
| | | 에너지절약형 | 5.03 | 98.35 | 5.0 | 1.6 | 3.5 | 1.13 | 1,150 | 72 |
| 3 | 500 | 물 드 | 5.7 | 98.87 | 2.4 | 0.8 | 4.2 | 1.09 | 2,050 | 51 |
| | | 乾 式 | 8.9 | 98.25 | 4.0 | 1.3 | 5.0 | 1.55 | 1,930 | 72 |
| | | 油 入 | 9.68 | 98.1 | 5.0 | 1.5 | 3.8 | 2.15 | 2,150 | 100 |
| | | 에너지절약형 | 7.92 | 98.44 | 4.5 | 1.5 | 4.0 | 1.61 | 1,780 | - |
| 3 | 750 | 물 드 | 7.7 | 98.98 | 2.5 | 0.7 | - | 1.49 | 2,880 | 30 |
| | | 油 入 | 12.2 | 98.4 | 4.0 | 1.27 | - | 5.00 | 3,280 | 100 |
| | | 에너지절약형 | 9.88 | 98.7 | 4.0 | 1.4 | 5.5 | 2.56 | 2,500 | 51 |

(注) 1. 에너지절약형은 油入이다.
 2. 효율은 전부하, 역률 100% 時 効率의이다
 3. 3.3, 6.6/0.4, 0.2KV, 50Hz의 경우

콘덴서 설비는 대별하여 직렬 리액터와 콘덴서로 구성된다. 그 손실구성비는 그림 6과 같다.

(2) 에너지 절약대책

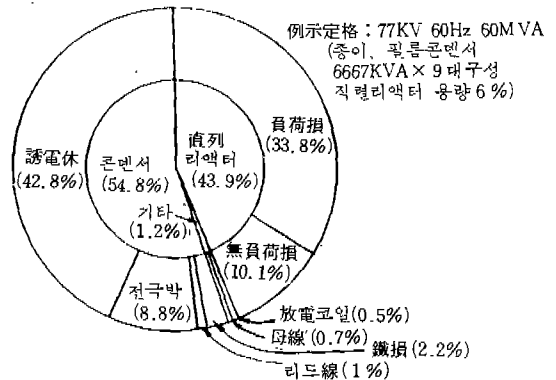
직렬 리액터의 구조는 본질적으로 변압기와 같으며 그 에너지 절약대책도 변압기와 마찬가지로이다.

방향성 규소강판의 채용이나 절연의 합리적 설계에 의하여 그 손실은 1950년대를 100으로 할 때 1980년대는 60 정도로 감소되고 있다.

콘덴서 자체의 손실은 다른 전기기기에 비하여 매우 작고 1W/KVA 이하이다 (가형 변압기의 경우 10W/KVA ~ 30W/KVA)

콘덴서의 손실은 다음과 같이 대별할 수가 있다.

- ① 유전체 손실
 - ② 방전저항의 손실
 - ③ 전극박 내의 저항손
 - ④ 접속부분의 저항손
- 이 중에서 유전체 손실이 가장 크고 올필름콘덴



〈그림-6〉 電力用 콘덴서設備의 損失

서에서 전체의 70~80%를 점한다. 따라서 전력용 콘덴서의 에너지 절약대책은 오직 유전체 손실의 저감을 중심으로 추진되어 왔다. 유전체로서 종래에 합침지가 사용되어 재료면에서 손실경감의 노력을 해왔다. 그 결과 콘덴서 손실은 3W/KVA에서 2

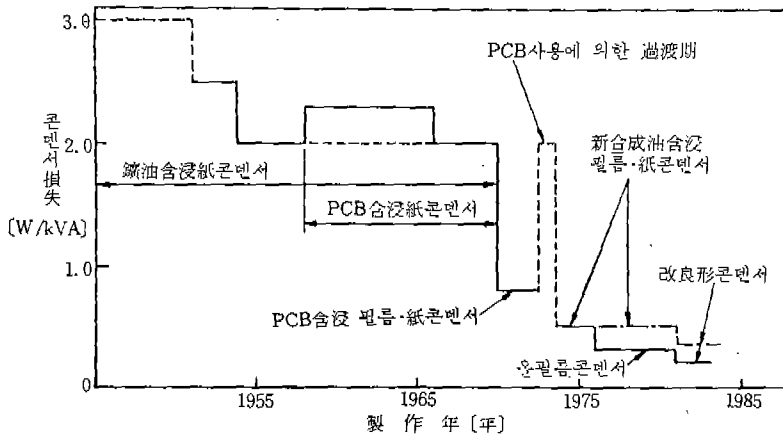
W/KVA로 경감 되었는데 한계에 이르러 그 후 유전체의 개발은 플라스틱필름을 중심으로 실시되었다.

그 결과 폴리프로필렌 필름이 가장 적합하여 현재는 전력용 콘덴서의 대부분이 이 필름을 사용하고 있다. 유전체 손실은 유전체와 절연유의 특성으

로 결정되며 현재는 폴리프로필렌 필름과 신절연유의 채용으로 손실은 대폭적으로 저감되고 있다.

(3) 効率 향상 의 예

그림 7은 콘덴서의 유전체와 손실의 추이를 든 것이다.



〈그림-7〉 콘덴서의 誘電體와 損失의 推移

*

나의 訓

1. 이 세상에서 가장 즐겁고 훌륭한 것은
: 한평생 보람을 느낄 수 있는 일을 갖는 것입니다.
 2. 이 세상에서 가장 비참한 것은
: 인간으로서 교양이 없다는 것입니다.
 3. 이 세상에서 가장 쓸쓸한 것은
: 하는 일이 없다는 것입니다.
 4. 이 세상에서 가장 보기 싫은 것은
: 다른 사람을 생각하지 않고 독선을 하는 것입니다.
 5. 이 세상에서 가장 존경할 수 있는 것은
: 다른사람을 위해 봉사하며 은혜를 받지 않는 것입니다.
 6. 이 세상에서 가장 아름다운 것은
: 모든 것에 애정을 가진다는 것입니다.
 7. 이 세상에서 가장 슬픈 것은
: 남을 모함하거나 거짓말을 한다는 것입니다.
- 〈世〉