

# 변압기 손실에 따른 에너지절감 효과 비교분석

(An Analysis of the Effects of Energy Saving in Connection with Transformer Loss)

최인호\*

In-Ho Choi (Namsan Public Library)

## Abstract

Countries in the world are setting up policies to implement anti-global warming measures to actively cope with the Agreement on Climate Change. Rising problems related to energy and environment prompted research and development efforts to highly efficient electric instrument and environmentally friendly products to secure resources and save energy.

Korea's high dependency on imported energy and its lack in natural resources make it urgently necessary to develop energy efficient instrument and equipment that can save energy. Every household now uses a transformer, which is very important instrument among others.

A variety of technologies to manufacture transformers are currently used along with efforts to develop new materials. Development of high efficient transformers is called for by the time and has direct economic impact on suppliers and consumers.

In addition, it is desirable to install a transformer that is trustworthy, secure, low on loss, anti-incident capable, small, anti-flammable, environmentally friendly, cost-efficient, high-frequency resistant and easy for maintenance. To do this, it is necessary to look deeper into a highly efficient transformer that can save energy.

This paper will discuss the types and characteristics of various transformers and propose ways to save energy and raise efficiency by analyzing a environmentally friendly amorphous transformer.

## 1. 서론

최근 첨단기술 및 경제발전과 더불어 신도시 건설과 지역 경제의 균형발전으로 인하여 각종 건물과 대도시 아파트 공급으로 지역의 학교와 도서관, 공공기관의 증가로 전력의 수요에 따른 소비가 급격히 증가되고 있다. 계절별 냉·난방 부하의 전력 소비와 전력요금의 급속한 증가로 각 수용가의 경제적 손실로 발생되고 있다.

지금 세계는 환경 문제로 온실가스 배출규제와 유해물질 발생을 억제 시킬 수 있는 친환경 변압기의 개발과 고효율, 저손실, 경량화와 함께 에너지 손실 등을 절감 할 수 있는 적용기술을 개발 진행하고 있는 실정이다.

전기설비에서 전력용 변압기가 차지하는 비중은 매우 크다고 할 수 있으며, 유입식 변압기의 경우 절연재로 절연유를 사용하고 있어 열화로 인한 절연내력의 파괴로 사고 발생시 화재 및 폭발의 위험이 내재되어 있고, 큐비클내의 경우 특고압·저압 설비의 파급효과가 매우 높으며, 교육기관 전기 시설의 경우 건물 옥외에 변압기가 설치되어 주택

가에 인접해 있어 학생과 지역주민 등 인명사고가 발생 할 수 있다. 변압기의 손실로는 전자기적 특성에 의한 무부하손 및 부하손으로 구분되며, 특히 무부하 손실(철손, 무부하시 동손, 유전체손, 표류 부하손)의 경우 부하의 사용 유무에 관계없이 손실로 발생하고 있다. 부하손(동손)은 저항손, 와전류손, 표류부하손 등이 있는데 코일 등에서 손실이 생기고 있다.

이러한 문제점 등을 해결하기 위해서는 옥외 보다는 건물내 설치하여 인명사고를 미연에 방지하며, 유입식 변압기가 설치되어 있는 전기시설의 경우 고효율 아몰퍼스 변압기 등을 설치함으로써 에너지 손실 절감으로 전력요금의 감소에 따른 기기 관리 및 운용의 효율성을 증대시켜 변압기의 안전한 운전 및 신뢰성을 제고 할 수 있는 친환경 고효율 전력용 변압기에 대해서 설명하고자 한다.

## 2. 변압기의 종류와 특성

### 2.1 변압기의 종류

일반적으로 유입식변압기와 건식변압기 및 몰드 변압기, 아몰퍼스 변압기 등으로 구분 할 수 있다. 유입식 변압기는 100KVA~1500MVA의 대용량까지 제작되며, 신뢰성이 높고 가격이 저렴하며 용량과 전압의 제한이 적어 가장 일반적으로 사용되고 있고 액체 절연방식을 사용하고 있다.

Mould식 변압기는 종래의 유입식 및 건식 변압기의 문제점을 해결하기 위해 코일을 에폭시 수지로 Mould한 고체절연방식으로 유입식변압기에 비해 절연유를 교체할 필요가 없는 변압기 이다. Amorphous 변압기는 운전중 발생하는 무부하 손실(철손)을 경감을 위해 철심(Core)의 소재를 기존의 규소강판 대신에 비정질 자성재료인 Amorphous Metal(Fe+B+Si)를 적용하여 기존의 유입식, 몰드식 변압기보다 75%이상 절감한 고효율 변압기를 말한다.

## 2.2 특성

변압기의 구조상의 분류에 의하면 상수·내부구조·권선의수·절연의 종류·냉각매체·냉각방식·오일열화 방지 방식 등으로 분류하고 있다. 그리고 변압기의 최고 전압에 따라 초고압 변압기, 특고압 변압기, 중용량 변압기로 부르고 있지만 그 범위는 통일되어 있지 않다.[1]

최근 고효율 전력기기 설치로 이에 따른 일반변압기와 몰드변압기에 대해서 표 1과 같이 변압기의 특성을 비교해 보고, 표 2와 같이 아몰퍼스 변압기 및 친환경 변압기에 대해서 알아보하고자 한다.

표 1. 변압기의 특성 비교

종 류 항 목	유입식 변압기	건식변압 기	몰드변압기	
			B종	F종
절연종별	A종	H종	B종	F종
권선온도상승	55℃	125℃	80℃	100℃
허용최고온도	105℃	180℃	130℃	155℃
설치면적	1.0	0.84	0.67	0.67
부피	1.0	0.67	0.47	0.44
중량	1.0	0.96	0.87	0.87
전압범위	사용전압	23kV	33kV	33kV
용량범위	사용용량	10MVA	15MVA	15MVA
연소성	가연성	난연성	난연성	난연성
폭발성	가능	불가	불가	불가
내진성	보통	보통	강함	강함
내화학성	보통	강함	매우강함	매우강함

표 1에서 보면 유입식 변압기 보다는 몰드식 변

압기가 전압과 용량 및 안전성, 신뢰성이 있다.

변압기 특성비교 표 2의 유입식 변압기는 일반 규소강판과 함께 절연유를 사용하고 있어 유지·보수 관리에 어려움이 있었다. 그러나 기술 발전으로 철심재료(Core) 및 친환경 소재 개발로 전기적, 기계적으로 우수한 에폭시 수지(Epoxy resin)가 개발되었고 이를 적용한 아몰퍼스 메탈 변압기가 개발되어 현재는 방향성 규소강판(G-9)대신 비정질 자성재료인 Amorphous Metal(자구미세)로 무부하 손실을 일반 몰드 변압기의 1/5 수준으로 줄였으며 소음도 42[dB]까지 감소시켜 현장근무자의 시각적인 환경도 개선되었고, 고조파에 대한 장점도 있는 에너지 절약형 신기술 변압기 이다.

표 2. 변압기 특성비교

변압기 종류 항 목	유입식 변압기	아몰퍼스 변압기	친환경 변압기
사용오일	광유 (130℃)	광유 (130℃)	파라핀유 (180℃)
방열방식	일반 방열판	일반 방열판	롤 게이트 방식
온도검출	오일온도 측정	오일온도 측정	오일 및 권선 온도 측정
사용코어	일반 규소강판	아몰퍼스 코어	규소강판 (자구미세)
소 음	62~64dB	62~64dB	42dB
효 율	97.8%	98.2%	98.6%
방열효과	기본 방열	기본 방열	방열효과 30% 향상
크 기	100%	일반 Tr의 130%	기존 규소 강판 변압기 대비 75%
환 경 성	환경오염 및 수리불가	환경오염 및 수리불가	친 환경성 및 재사용 가능
오일교환 주기	5년	5년	약 10년
가 격	100%	일반 Tr 대비 180%	일반 변압기 비 125% (제로인변압기 150%)
방폭성	보통	우수	매우 우수
저손실	보통	좋음	매우 좋음
난연성	보통	신뢰성	고 신뢰성
경제성	보통	기존 변압기 대비 75% 이상 절감	기존 변압기 대비 75% 이상 절감
유지, 보수	어려움	용이함	용이함
고조파 대응	미대응	대응	대응

### 3. 변압기 효율 비교 분석

표 3. 몰드변압기의 효율 비교

구분	고효율인증 기술기준	아몰퍼스 몰드변압기	레이저 몰드변압기	KSC규격 몰드변압기	비고	
						철손(W)
손실	철손(W)	490	350	870	1,650	부하율 100%일 경우의 손실
	동손(W)	7,124	5,970	5,200	6,997	
	총손실(W)	7,614	6,320	6,070	8,647	
100%부하율 기준효율		98.50%	98.75%	98.80%	98.30%	
손실	철손(W)	490	350	870	1,650	부하율 20%일 경우의 손실
	동손(W)	284.96	238.8	208	279.88	
	총손실(W)	775	589	1,078	1,930	
20%부하율 기준효율		99.23%	99.41%	98.93%	98.11%	
고효율 인증여부	고효율인증 기술기준	고효율 인증품	고효율 인증 불가	고효율 인증 불가	고효율 규격에 적합 여부	

- 주) 1. 우리나라 실측 부하율 18.4%를 고려한 부하율 20%를 기준으로 검토  
 2. 변압기를 운전할 때 발생하는 동손은[(100% 부하율 기준 동손×(실측부하율)<sup>2</sup>]입니다.

표 4. 부하율에 따른 효율 곡선 비교

LOAD	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
고효율 인증 기술기준 %	98.89	99.23	99.25	99.19	99.10	98.99	98.88	98.75	98.63	98.50
아몰퍼스 몰드변압기 %	99.19	99.41	99.41	99.35	99.27	99.17	99.07	98.97	98.86	98.75
레이저 몰드변압기 %	98.19	98.93	99.12	99.16	99.14	99.09	99.03	98.96	98.88	98.80
KSC 규격 몰드변압기 %	98.11	98.50	98.63	98.66	98.66	98.63	98.57	98.49	98.40	98.30

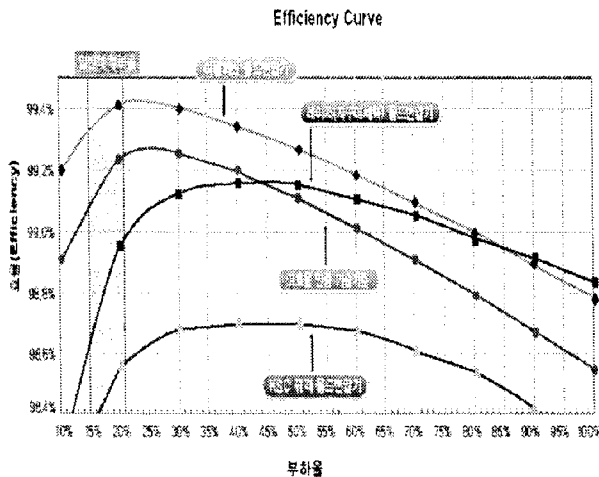


그림 1. 부하효율 곡선

### 4. 전력손실 절감 효과

표 5. 변압기 전력손실 절감효과 비교표

용량 [KVA]	무부하손		손실 절감량 (W)	년간손실 절감량 [KWh]	년간 전력비 감액(원)	초기 투자비 예상회수 기간(년)
	아몰 퍼스	일 반				
100	170	770	600	5,265	590,406	3년
200	230	1,240	1,010	8,848	993,851	
300	290	1,690	1,400	12,264	1,337,615	
400	340	1,885	1,545	13,534	1,520,297	
500	430	2,080	1,650	14,454	1,623,618	
600	470	2,525	2,055	18,002	2,022,142	
750	550	2,970	2,420	21,199	2,381,306	
1,000	680	4,410	3,730	32,675	3,670,360	
1,250	850	5,460	4,610	40,384	4,536,290	

현재 한국전력공사의 전력요금은 시간대별, 계절별 차등요금을 적용하고 있으며 요금수준의 차등 폭을 확대하여 최대수요의 절감효과를 제고하기 위하여 기본요금 산정시 최대수요전력을 기준으로 부과하므로 전력요금의 절감을 위해서는 최대수요 전력제어의 필요성 있다.

표 6. 전력손실 절감효과 분석

구분	계산식	비고
무부하손실 절감량	2,080[W] - 430[W] = 1,650[Watts]	3P 500kVA 변압기 기준
년간 무부하 손실 절감량	1.65[kW] × 24[H] × 365[D]/1000 = 14,454[KWh]	
년간 전력비 절감액	14,454[KWh] × 112.33원/[KWh] = 1,623,618원	
적용 단가	한전 전기요금 일반용 평균 단가 : 112.33원 / KWh	

계약 최대전력 용량이 기존 변압기를 사용할 때 월 470kW이고 계약 용량이 500kW의 계약전력을 갖는 아몰퍼스 변압기를 사용할 경우 기존의 일반 변압기보다 무부하 손실이 약 1,650W 절감됨에 따라 연간 약 14,454KWh의 전력량을 절감 할 수

있고, 이를 금액으로 환산하면 연간 약 162만원 금액이 절감되며, 초기 투자비용을 감안하면 회수기간은 약 3년이 소요된다. 실거래 금액대비 회수기간과 설계업체 예상 건적금액 대비 회수기간은 차이가 있을 수 있다.

교육기관의 경우 전력손실 효과를 비교하여 보면 서울지역 학교(초·중·고등학교), 도서관의 경우 약식수전 및 약식일체형이 주종을 이루고 유입식과 몰드식 변압기 등을 사용하고 있고, 변압기 용량은 1000[KVA]이하에서 300~600[KVA]정도 설치되어 있다.

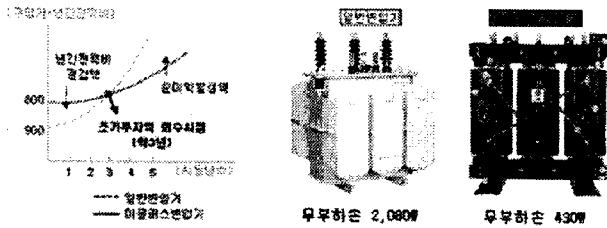


그림 2. 변압기 전력 손실 절감효과 비교

표 7. 경제성 분석(회수기간)

용 량 [KVA]	연간 전력비 절감액	무부하손		변압기 비용 증가액
		아몰퍼스 몰드	일 반	
500	1,623,618원	25,163,180	16,453,000	8,710,180
적용 단가	한전 지원금 (고효율)	초기 구입비용	예상 회수 기간(년)	
2007.10 물가정보	946,000	7,764,180	4.7	

표 6의 전력손실 절감효과 분석을 통해 도서관 21개 기관을 대상으로 손실을 분석해보면 무부하손실 34,650W 이고, 연간 약 303,534KWh의 전력량을 절감 할 수 있고, 이를 비용으로 환산하면 연간 34,095천원 정도 절감 된다. 표 7과 같이 경제성을 보면 연간 약 162만원 금액이 절감되며, 회수기간은 4.7년 정도 소요된다. 설계 금액 보다 제조사 실거래 금액으로 고효율 아몰퍼스 변압기를 설치 할 경우 회수기간도 3년 이내로 줄어들 수 있어 전력손실 절감효과는 매우 크다고 할 수 있다.

또한 전력 절감효과로 발전소의 증설이 억제되어 발전에 필요한 화석연료의 사용량을 줄 일수

있어 CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> 및 NO<sub>2</sub> 등의 환경오염 유해가스 배출량이 현저하게 줄어들어 전 세계적인 문제로 크게 부각되고 있는 지구 온난화에 따른 온실가스 저감문제에 기여할 수 있다.[4]

표 8. 유해가스 배출 감소량

유해가스 종류	연간 배출 감소량	비 고
CO <sub>2</sub>	2,117Ton	3상 500KVA 1대 기준
SO <sub>2</sub>	335kg	
NO <sub>2</sub>	33.5kg	

표 8과 같이 3상 500KVA 1대의 아몰퍼스 변압기의 경우 절감되었을 때 유해가스 배출 감소로 환경 개선 효과가 뛰어남을 알 수 있다.

## 5. 결 론

아몰퍼스 변압기는 기존의 일반 변압기에 비하여 무부하 손실을 대폭 절감하여 불필요한 전력 손실 및 전력요금 절감에 의한 발열량 감소에 따라 기기관리 및 운용의 효율성을 증대시켜 변압기의 안전한 운전 및 신뢰성을 제고 할 수 있다.

또한 에너지 손실을 줄여 지구 온난화 방지 및 유해가스 배출감소로 정부의 에너지 절약 정책에 부흥 할 수 있는 고효율 아몰퍼스 변압기를 설치함으로써 에너지절약 효과에 크게 기여할 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김세동, “변압기의 원리와 아몰퍼스변압기의 특성 비교”, 한국전력기술인협회, 2001. 6
- [2] 조한구, “환경 친화형 주상용 몰드 변압기의 적용기술”, 조명전기설비학회지 제17권4호, pp31, 2003. 4
- [3] 최인호, “공공청사의 지능형 수배전반 구축 방안 에 관한 연구”, 서울산업대학교 석사논문, 2007. 2
- [4] 에너지관리공단, “아몰퍼스 매탈 코어를 사용한 고효율 전력용 변압기”, 2000. 12. 23
- [5] <http://www.cheryong.co.kr> 및 자료
- [6] <http://www.kpelec.com> 및 자료
- [7] <http://www.kdpower.co.kr> 및 자료
- [8] <http://www.kemco.or.kr>