

건축물의 전기에너지 절약(수배전설비 중심)

이 경 식
(화인엔지니어링 대표)

1. 서 언

전기에너지의 절약은 시대적 배경을 놓고 볼때 필요 절대량을 인간의 인내심에 의존하여 지속적으로 줄여나아가는 데에는 그 한계가 있을뿐 만 아니라 예측이 어려운 장기적 손실을 감수 하여야 한다는 어려움이 있다.

현대생활에서 좀더 편안히 잘살아 보고저 하는 인간의 근원적 욕구는 전기에 대한 의존도를 더욱 높이게 되므로 전기는 필요한 양만큼 충분히 사용할 수 있도록 하면서 불필요 하게 낭비되는 요소를 철저히 제거하는데 주안점을 두어야 한다고 본다.

전기에너지 절약방법에 있어서의 주요항목을 대별하면 낭비적 요소의 제거, 고효율기기 및 방식채용, 자연에너지의 최대이용, 고품질의 공사, 고품위의 시설관리 등으로 볼수 있으며 여기에 안전설비 확보(실제 고장이나 사고는 막대한 에너지 손실을 주기 때문에)를 첨가한다면 현실적 방법으로는 최대의 노력을 기울였다고 보아도 된다.

본고에서는 이러한 일반적인 절전방안을 고려하면서 우리의 생활공간인 건축물에서의 전기에너지 절약 기술로서의 적정 변압설비 채택방안 및 배전설비에서의 에너지절약 방안등에 대하여 살펴 보고자 한다.

2. 고효율 변압기의 채용

수변전설비중 전력소비 기기는 변압기류, 계측기류, 계전기류, 표시장치류, 조작전원류 등이 대부분이며 이중 변압기류가 최대전력소비기이다.

따라서 수변전설비의 에너지 절약은 변압기의 선정에서 부터 시작된다고 보아도 된다.

변압기 선정조건은 안전성, 환경적응성, 내구성, 보수성, 경제성 등을 들수 있으나 현실적으로 투자비 측면만을 고려하여 재래식 유입변압기를 많이 사용하고 있다. 외국의 경우 안전성 때문에 실내에 유입변압기 설치를 금지하거나 설치조건이 매우 까다로운 관계로 무유입 변압기의 채용이 일반화 되어가는 추세이나 우리나라의 경우에는 초기단계에 있다고 본다.

변압기의 효율향상을 위한 노력은 도체, 철심, 절연체, 방열장치 등에 걸쳐 수행되고 있기는 하지만 가격상승이 커지게 되어 실용화에는 문제가 있어 왔다. 근래에 들어와서는 안전성, 효율등의 문제로 무유입변압기(건식, 몰드형등을 말하며 몰드형을 건식에 포함시키는 경우도 있음) 채용 특히 몰드 변압기의 채용이 늘고 있다.

유입변압기와 몰드형(거의가 예폭시 수지몰드)의 전 손실 및 효율의 예는 그림-1과 같다.

그림-1에서 알 수 있듯이 일반용 유입변압기의 최고효율은 부하율이 50-60% 정도에서 98.67%의 효율을 갖고 부하율이 높아질수록 낮아져 100% 시 98.3-98.5%가 된다. 몰드형의 경우는 부하율이 60% 이상시 거의 일정함을 알수 있다. 1,000KVA의 경우 100% 부하시의 효율차는 0.45% 정도로 연간 $1,000 \times 0.45 / 100 \times 24 \times 30 \times 12 = 38,880 \text{KWH}$ 정도 절전이 가능하여 업무용의 경우 2년정도, 산업용의 경우 1년 정도면 초기투자비 회수가 가능하여 충분한 경제성이 있음을 알수 있다. 저손실 유입변압기와 비교하면 업무용의 경우 4년, 산업용의

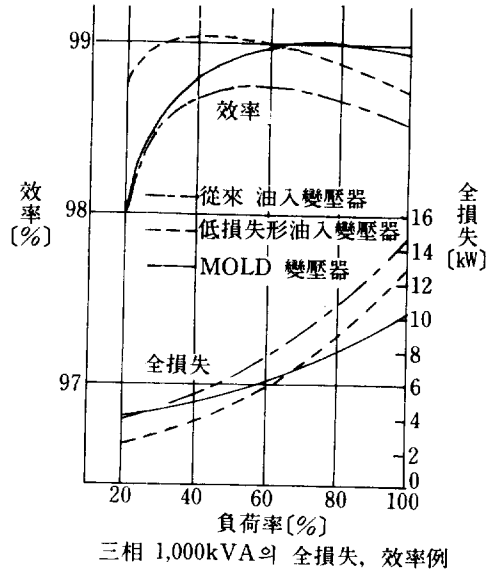
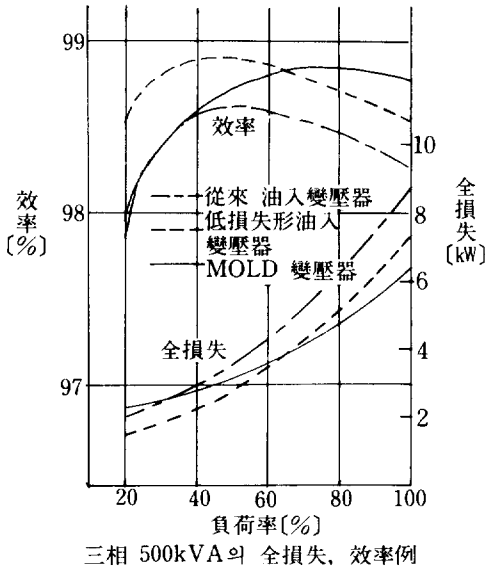


그림 1 500kVA 및 1000kVA의 전손실 및 효율의 예

경우 2년정도 소요된다. 이외에도 몰드변압기는 점유면적이 유입변압기에 비하여 60~70%정도, 증량이 75~80% 정도이고 난연성의 자기소화성 이어서 유리하고 흡습을 잘하지 않는등의 장점이 있으며 과부하 내력이 유입이 150%(15분), 몰드가 210%(15분) 정도로 유리하다. 반면 소음이 몰드가 5~6dB높고 이상전압에 약하다는 단점이 있기도 하나 무보수 성능때문에 그 이용도를 높여가고 있다.

3. 변압기뱅크 크기의 적정화

변압기뱅크의 크기를 결정하는 주요요소는 수용율, 부동율, 부하율 등의 3요소라 할 수 있다. 이들 3요소는 통계학적 수치에 근거하나 통일성이나 확실성을 부여하기가 매우 힘든 것으로 같은 전기설비 일지라도 시설의 운영방법, 생산목표, 설치하는 기기의 종별 등등에 따라 다르다.

국내에서 실패한 예를 보면 외국에서 오랜동안 운영하는 공장을 국내에 시설하면서 외국에서의 제반조건을 그대로 적용하며 시설하였는데 용량 부족으로 변압기 폭발사고를 유발하였다. 물론 변압기의 과부하 내량등의 문제는 있었지만 근본적 원인은 운영방법, 생산량이 많았다는 차이에서 유발한 경우도 있다.

한국동력자연연구소에서 조사 분석한바에 의하면 우

표 1. 수용율의 비교

건축종별	1. 동자연	2. 설계자	3. 서울대추천	비 고
사무용	45.6	63.1	50.0	2-1, 13.1%
아파트	29.6	41.78	35.0	6.78%
대학교	23.5	45.35	40.0	5.35%
병 원	39.9	59.64	55.0	4.64%
호 텔	49.2	67.85	60.0	7.85%
백화점	-	75.7	60.0	15.7%
경기장	-	-	60.0	-

리나라의 평균 수용율은 표1과 같다.

- 주) : 1. 동자연 자료는 기존시설에 대한 평균치.
 2. 설계자는 7개소의 기술용역업(건축전기부분) 등록자의 평균치
 3. 서울대의 경우 부동율 1.09를 대형 건축물에 대하여 적용할 것을 추천함. (1차 변전소, 배전간선)

물론 전기설비의 모든 기기 및 배선을 결정하고자 할 때에 이들 삼요소 등이 주요 결정매체인 것은 사실이나 배선등이나 차단기류는 차후 증설시 교체가 비교적 용이하지 아니하나 변압기류는 공간만 확보한다면 용이한 편이고 배선류는 다소 규격이 커져도 에너지 손실 측면이나 전압변동 저하 측면에서 유리할 수 있다는 차원에서 변압기 용량결정은 에너지 절감 측면에서 충분한 검

토를 요한다.

또한 이들 3요소는 현실성은 물론 장래성을 함께 고려하여야 함은 물론 부하설비의 운영, 관리 방법과도 직접 관련되기 때문에(Demand Control, 소위Peak cut 장치의 설치등) 설치전에 부하설비의 운영실태에 대하여 충분한 연구가 뒷받침되어야 하고 설치후에도 철저한 운영관리 하에서 이들 3요소의 변화추이를 검토하여 현실에 적합한 대응이 되도록 하여야 한다.

우리나라에 시설된 수변전설비의 변압기 용량은 동력자원연구소의 연구보고에 의하면 변압기 설비 이용율이 12-15%(부하용량/정격용량)부하율 22-33%(평균부하/최대부하), 과용량율이 200-250%(변압기용량/최대부하)등으로 얼마나 과대용량이 시설되어 운전되고 있는지를 실감할 수 있다.

변압기의 무부하 손실등은 차치하고라도 300KVA정도만 수전설비용량이 크다고 하더라도 전기를 쓰지않고 내는 기본요금인 업무용 2종은 1년에 16,018,200원(제세포함)정도, 산업용 갑, 고압A의 경우 11,147,400원(제세포함)정도가 되어 연말에 300KVA 3상 변압기 3.45대 내지 2.4대 이상을 신설할 수 있는 돈을 낭비 하였음을 쉽게 알수 있다.

4. 변압기뱅크의 적정분류

변압기의 제반특성 향상으로 변압기 뱅크를 단순히 전등, 전열 등과 동력용으로 분류하는 시대는 지났다. 현재는 사용목적, 운전편이성 및 경제적 측면인 에너지 절약과 계통구성상의 필요성등 다음의 조건에 따른다.

- ㄱ. 정전 영향등에 의한 분류
 - 무정전 부하
 - 초순간 정전부하-수싸이클 내 정전가능 부하
 - 순간 정전 부하
 - 정전 가능부하 등
- ㄴ. 계절적 사용요인에 의한 분류
 - 냉방, 난방, 제설(제빙) 설비 등
- ㄷ. 주야간(심야 전력등) 부하의 분류
- ㄹ. 분하운전 특성상 상호간섭(영향) 배제를 위한 부하분류
- ㅁ. 부하통제를 위한 부하분류
- ㅂ. 부하운전 그룹상의 분류-생산라인에 따른 분류
- ㅅ. 첨두지 배제를 위한 분류(운전시간대 변경을 위

한 분류, 소위 피크 카드방식의 채용 또는 수요 제어장치의 채용등)

- ㅇ. 부하가 요구하는 특수요구 조건에 따른 분류
 - 특수전압, 상, 주파수 등의 다른 분류
- ㅈ. 계통별(2회선 수전등) 수전방식에 따른 분류
- ㅊ. 일반, 비상(법적, 자위상)의 단순분류
- ㅋ. 전등 전열 등과 동력의 단순분류
- ㅌ. 부하 분포 상황(원근 거리등)에 따른 분류 등

이상의 분류 방법중 에너지 절약과 관계가 없는 것은 없겠지만 ㄱ, ㄴ, ㅇ, ㅊ, ㅋ 등은 비교적 운영측면을 고려한 것이고 나머지는 전력손실을충분히 검토하여야 할 사항들이다.

계절적 사용요인에 의한 분류방법을 보면 일반적으로 업무용 건물의 냉방설비 부하는 전전물 수요의 33%~60%까지를 점유한다.

우리나라의 하계는 7,8,9월의 3개월 정도로 이기간의 사용을 위하여 커다란 시설을 하는 경우가 많으나 변압기 뱅크를 분리하여 운전정지하면 전력요금 조정과 함께 손실도 줄일수 있어 매우 유리하다.

또한 냉방장치 부하는 비상시 정지가능한 부하이므로 소방설비 등의 비상부하와 질체사용토록 한다면 계약전력요금, 변압기 손실등(전기공급규정 제18조 참조) 줄일 수 있다. 이경우는 냉방장치 이외에도 생산공정상 어떤 공정이 일년중 수개월에 운전으로 가능한 경우에도 같다. 주야간에 부하분류는 심야전력용 부하를 분리 수용하는 방법으로 계산의 편이성, 불필요 부하의 정지, 전력요금의 절감(심야전력사용요금 1KWH당 27원 40전)을 기할 수 있다.

부하통제를 위한 부하분류는 지역별 또는 장소별로 산재해 있는 부하를 적절히 잘 분류 수용하여 분하운전의 응통성을 부여하면서 부하의 통제가 가능하여 많은 손실을 격감시킬 수 있다. 그림-2에서와 같은 일일 부하변동 곡선을 갖고 있는 업무용 건물의 경우 오후 20시부터 다음날 8시경까지는 500KVA 변압기 만을 운전하고(12시간) 8시부터 12시30분까지와 16시부터 20시까지(9.5시간)은 1,000KVA를 추가 운전하고 피크시인 12시30분부터 16시까지 500KVA를 운전한다고 하면 2,000KVA 1대를 운전하는 경우에 비하여(편의상 역율은 1로 계산하고 변압기의 손실은 평균 2.5% 정도로 본다.) 산업용 갑 고압A의 경우 연간 247,500KWH(11,599,787원)을 절약할 수 있다.

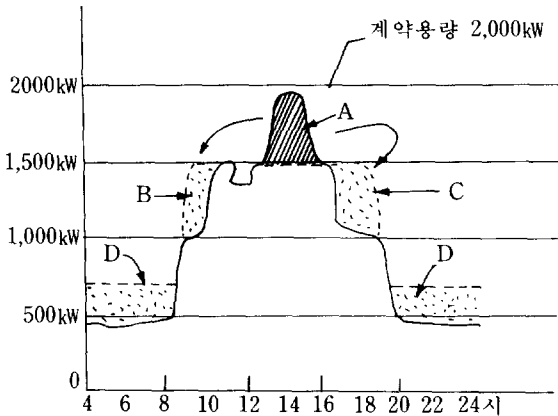


그림 2. 업무용 건물의 최대부하일의 부하변동곡선에

이것은 B의 경우도 같다.

첨두치 배제를 위한 분류는(디멘드제어, 피크콘트롤, 피크카드 등) 계약전력료 절감(궁극적으로는 국가적 이익)과 변압기등의 손실 절감측면을 생각할 수 있는데 예로서 그림2에서 A의 첨두치 부하를 B 또는 C시간대로 이동 운전하면 500KW의 계약전력료와 손실을 줄일 수 있고 운전시간대에 따르는 사용량요금도 절감이 가능하다.

이러한 피크부하 이동운전은 1일에만 가능한 것이 아니고 주간 또는 년중 부하의 이동운전도 가능하므로 비근무시간대의 관리요원 근무비등과 기타 필요경비를 검토하여(또는 자동화 하는 방안등을) 봄이 바람직 한것이다. 우리나라의 경우 아직까지는 수요제어장치(Demand control)의 보급이 많지 않고 있는 실정이지만 외국의 경우는 그 수요가 급속히 늘어나고 있다.

일반적으로 디멘드 제어는 냉방설비(터보포함), 전기로용해,(건조용 포함), 공기압축기와 펌프 그리고 생산설비중 지속적 운전이 되지 아니하는 믹서, 크레셔, 밀 등 단시간 운전정지가 가능한 부하를 피크발생예정시간에 중요하지 않은 순서에 따라 자동제어하는 방식이다. 그 구성개요를 간략히 설명하면 수전용 적산력계 또는 수전측에 설치된 기타 계량장치에서 신호를 받아 이를(펄스신호입력) 수요제어 장치에 보내주어 사용전력량을 파악하고 수요 제어장치에는 미리 목표전력, 차단전력, 고부하제한값, 펄스적산시간, 로그시간, 제어코드제어부하(전동기등), 프린 작동 등을 선정하여 두어 입력신호를 설정치와 비교 판독하여 부하의 차단 투입지

령을 발하도록 하여 적정 부하치를 유지하도록 하는 것이다.

외국의 예를 보면 계약전력이 700KW인 호텔이 팩케 지 에어컨과 터보냉동기만의 수요제어로 환경에 지장이 없는 범위에서 49.1%의 전력제어가 가능했고 전기로가 설치된 금속공장의 경우 로에 대한 제어로 56.8%까지 제어한 예가 있다.

5. 변압기 제강방식의 단순화

전압을 낮추기 위하여 필요한 주요매체는 변압기라고 말할 수 있는데 변압기의 효율이 100%가 아니라는데 문제가 있다. 물론 부하의 위치가 배전점(혹은 변압기로부터)으로부터 떨어져 있어 불가피한 경우도 있지만(전력간선의 손실등도) 실제에는 손실의 검토등을 거치지 않고 습관적으로 2차 제강방식을선택하는 데 문제가 있다.

이러한 원인은 우리가 종래 사용하던 사용전압이 100/200V로서 100V의 단상 2선식이 주체였다는(저전력 소비시대) 것과 우리나라의 교육전반 및 참고용 도서 전반이 일본 편중으로 되어있다는 데에도 큰 원인이 있다고 본다. 옥내간선 배선의 최대가능 규격은 대개 250mm²-325mm² 이하(직선거리 배선 또는 트레이 배선등과 단거리는 예외, 대개의 경우 250mm²이하가 일반적이다.) 또는 허용전류 기준으로 250-300A. 이하를 경제적 규격이나 경제적 용량으로 보는데 이는 전선가격이 전류 수송기준으로 볼때 325mm² 이하가 경제성이 있음은 그림-3에서도 알수 있다. 2차제강(또는 고압배전여부) 여부를 결정하고자 할때에는 다음사항들에 대하여 충분한 검토가 필요하다.

- ㉠. 전압강하(전압변동율) 등을 적절히 확보할수 있는가?
(안정전원확보) 부하기기가 전자기기로 고급전력이 요구되는 것은 신중을 기할것.
- ㉡. 보호, 제어, 개폐, 감시가 용이 한가?
- ㉢. 사고과급 범위가 적절하고 계통구성이 용이 한가?
(비상전원등)
- ㉣. 설치가 용이하고 타회선에 대한 영향(간섭, 유도 장애등)이 적정 한가?
- ㉤. a. 초기공사비 검토-전기공사비(변전설비, 배선

표 2. 각종변압기의 손실비교

a. 종래형 유입변압기의 효율과 손실전력료(역율은 0.9로 계산)

변압기용량 (KVA)	3상 22900 / 380-220V		3상 6600 / 110V		고압변압기 / 손실 전력료 산업, 고압 A의 경우(년간)
	효율 %	손실 KW	효율 %	손실 KW	
100	97.4	2.34	97.6	2.16	881,462원
200	97.6	4.32	97.7	4.14	1,689,470원
300	98.0	5.4	97.9	5.67	2,313,839원
500	98.0	9.0	98.0	9.0	3,672,761원
750	98.3	11.47	98.2	12.15	4,958,227원
1,000	98.3	15.3	98.3	15.3	6,243,694원
2,000	98.4	28.8	98.6	25.2	10,283,731원
3,000	98.5	40.5	98.7	35.1	14,323,769원

b. 각종 변압기의 손실비교 예, 500KVA. 6,600 / 210V 3상

종 별	유입 자냉식		H중 전식		볼트형 건 식
	표준형	절감형	표준형	절감형	
비교항목					
무부하손(W)	2,100	1,100	2,900	1,800	1,750
부하손(W)	6,350	6,300	6,700	6,500	5,900
전손실(W)	8,450	7,400	9,600	8,300	7,650

c. 3상 6KV 유입변압기의 무부하손실 비교와 전력료 절감액

변압기용량 (KVA)	무부하손실(W)			년간절감액 산업·고압 A 경우
	종래유입변압기	에너지절감형	손실차	
75	520	320	200	80,498원
200	1,200	560	640	257,596원
500	2,100	1,100	1,000	402,494원
1,000	3,300	1,830	1,470	591,666원
2,000	6,500	3,200	3,300	1,328,231원

설비등) 건축공사비(소요면적, 설치 용이성, 토목공사부분 포함)

b. 인건비 측면의 관리성 - 건축적 유지 관리비

산재하기 때문에 발생하는 인건비, 보수비(전기적) 화재, 홍수등의 재해와 소음, 관리위험성 부담금 등

c. 유지비측면의 관리성 - 전력요금의 절감(손실저감)

d. 부하증가 또는 변경에 대한 적응성

e. 전력관리 측면에서의 융통성 및 통제성 등

실제 경제거리 내에서는 안정전원(특히 전압) 공급측면에서 다소 불리하다는 것 이외에는 대부분이 1차 체

강에 의한 저압배전(특히 220/380V. 3상 4선식) 방식이 유리함을 알 수 있으며 불필요한 2차 체강은 건축비 및 표-2에서와 같은 손실을 추가 부담하게 된다.

6. 배전방식의 적정채용(저압기준)

배전방식은 부하량(규모등), 수전측 사정, 부하의 재조건, 등에 따라 결정되며 일반적으로 널리 알려진 각종 배전방식의 소요동량과 전력손실비는 표-3과 같다.

우리나라는 정책상 220 / 380V. 체계를 채용하고 있으나 주택등의 건설 과정에서 110 / 220V.를 고집 하다보니(?) 단상 3선식의 채용만이 허용되는 모순점도 안고

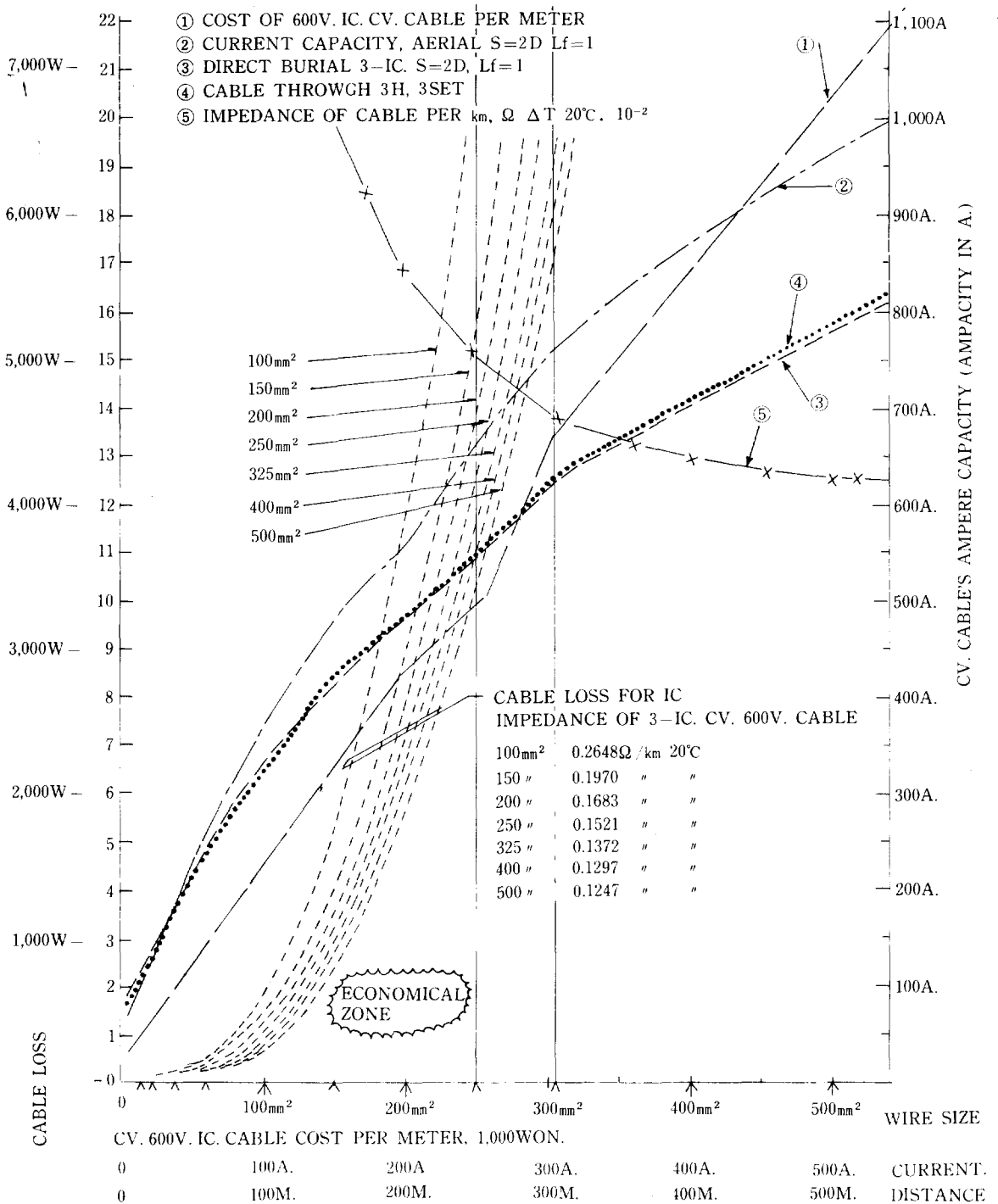
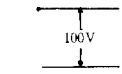
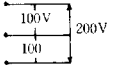
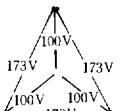


그림 3. CV. 600V 케이블의 가격, 허용전류, 손실 등의 예

표-3 각종 배선방식의 비교

a. 각종 전기방식의 전압강화, 허용전류 비교예

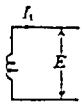



전 기 방 식		소요동량의 개수(%)	
		전압강하기준*1	허용전류기준*2
단상 2 선식 [예] 	100V	100	100
	110V	83	87
	120V	70	76
	200V	25	35
	220V	20.5	31
단상 3 선식 [예] 	100/200V	37.5	53
	110/220V	31	46
	120/240V	26	40
	200/400V	9	18
	220/440V	8	16
3 상 4 선식 [예] 	100/173V	33.3	38
	120/208V	23	29
	200/346V	8.3	14
	220/380V	7	12
	230/400V	6.2	11
	240/415V	5.8	10.2
	254/440V	5.1	9.4
	265/460V	4.7	8.8

*1 회로의 리액턴스 및 역률의 영향을 무시한다.

*2 허용전류는 도체단면적의 2/3승에 비례하는 것으로 한다.

또한 *1, *2 모두 단상 2 선식이외는 전부 부하가 평행하며 중성선의 굵기는 외측선과 같게 한다.

b. 각종 전기방식의 비교-1

전기 방식	단상 2 선식	단상 3 선식	3 상 3 선식	3 상 4 선식
				
공급 전력 (1)	$P = EI_1$	$P = 2EI_1$	$P = \sqrt{3} EI_3$	$P = 3EI_4$
전선 총량 (2)	$V = 2S_1 L$	$V = 3S_2 L$	$V = 3S_3 L$	$V = 4S_4 L$
선 전류 (비교)	I_1 100	$I_2 = I_1 / 2$ 50	$I_3 = I_1 \sqrt{3}$ 57.7	$I_4 = I_1 / 3$ 33.3
전선 단면적 (비교)	S_1 100	$S_2 = 2S_1 / 3$ 66.7	$S_3 = 2S_1 / 3$ 66.7	$S_4 = S_1 / 2$ 50
전압강하 (비교)	$s_1 = 2I_1 R_1$ $= 2 \frac{I_1 PL}{S_1}$ 100	$s_2 = I_2 R_2$ $= \frac{3}{4} \frac{I_1 PL}{S_1}$ 37.5	$s_3 = \sqrt{3} I_3 R_3$ $= \frac{3}{2} \frac{I_1 PL}{S_1}$ 75	$s_4 = I_4 R_4$ $= \frac{3}{2} \frac{I_1 PL}{S_1}$ 33.3
배전손실 (비교)	$P_{L1} = 2I_1^2 R_1$ $= 2I_1^2 \frac{PL}{S_1}$ 100	$P_{L2} = 2I_2^2 R_2$ $= \frac{3}{4} I_1^2 \frac{PL}{S_1}$ 37.7	$P_{L3} = 3I_3^2 R_3$ $= \frac{3}{2} I_1^2 \frac{PL}{S_1}$ 75	$P_{L4} = 3I_4^2 R_4$ $= \frac{2}{3} I_1^2 \frac{PL}{S_1}$ 33.3

- 비고: 1. 역률은 전부 1.0으로 같다고 봄
 2. 중성선의 규격을 전압선의 규격과 같다고 봄
 3. 소요전선의 총중량이 같은 경우임

c. 각종 전기방식 비교-2(단위: %)

비교항목 배전방식	손실이 같을 때		전류밀도가 같을 때		전선규격이 같을 때	
	동량비	손실비	동량비	손실비	동량비	손실비
단상 2 선식	100	100	100	100	100	100
단상 3 선식	37.5	50	75	25	150	
3 상 3 선식	75.0	86.6	86.6	50	150	
3 상 4 선식	33.3	50	66.7	16.7	200	

있는 것이 현실이다.

단상 2선식이나 3선식 보다는 3상 4선식의 장점이 많고 100/200V, 또는 110/220V, 체계보다는 220/380V 체계가 좋다는 것이 인정된 이상 우리가 택한 220/380V의 3상 4선식에 충실하여야 한다고 본다. 이를 위하여 우리의 비점지식 100/200V의 관념과 일본방식에 의존하고 있는 각종 법체계를 어떻게 빨리 해소하여야 할런지는 많은 전기인의 노력은 물론 입법자의 협조가 절실하다고 생각된다.

7. 선로 손실의 저감.

일반적으로 저압선로의 결정은 허용 전류 또는 전압강하만 검토되고 있을뿐 선로의 손실등은 검토되지 않고 있다. 이와 같은 검토가 계획설계 단계에서 이루어져 전선규격 몇단 정도만 높여주어도 많은 손실을 방지할 수 있음을 물론이려니와 초기투자도 쉽게 회수할 수 있으나 실질적으로 잘 이루어지지 않고 있다.

ㄱ. 부하의 불평형과 배전손실.

그림 4-a에서의 같은 단상 3선식의 불평형 회로에서 부하 평형장치(Load Balancer)가 없는 경우

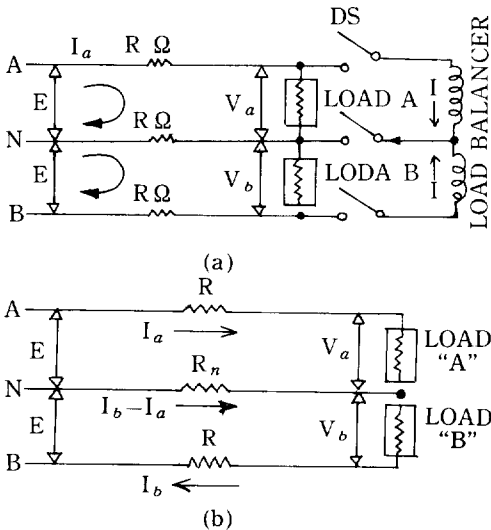


그림 4. 불평형 단상 3선식의 예

$$E - V_a = (R + R_n)I_a - R_n I_b$$

$$E - V_b = -R_n I_a + (R + R_n)I_b$$

여기서

$$E = 220V, V_a = 214V, V_b = 205V, R = R_n = 0.25\Omega \text{ 으로}$$

3전선의 규격이 같다고 보면

A상의 전류 $I_a = 36A$, B상의 전류 $I_b = 48A$ 로 A,B상의 전류의 차 $I_n = 12A$ 가 되어 전체손실 W_1 은

$$W_1 (I_a^2 + I_b^2 + I_n^2) \cdot R = (36^2 + 48^2 + 12^2) \times 0.25 = 936 [W]$$

가 된다. 이때 부하 평형 장치를 설치하면

$$I_a = I_b = 42A$$

$$V_a = V_b = 209.5V.$$

가 되며 전체손실 W'_1 은

$$W'_1 = (I_a^2 + I_b^2) R = 42^2 \times 2 \times 0.25 = 882 [W]$$

로 54[W]의 전력손실을 줄일수 있다.

이상의 계산에는 소규모간선 1회선에 대한 것이므로 회선이 많은 경우 부하불평이 주는 영향과 부하평형기 설치시의 손실차가 더욱 커짐을 알 수 있다. 우리나라는 아직까지 부하평형 장치가 시판되거나 설치된 예는 없지만 앞으로는 고려하여 볼 충분한 가치가 있다.

ㄴ. 배선규격을 굵게하여 손실을 저감하는 방법

배전선의 규격을 단순히 허용전류, 전압강하(또는 단락용량등)에 의해 결정하는 수가 많으나 전기에너지 측면에서 보면 의외의 전력손실이 큼을 알수 있다. 이 경우 그림-5의 예에서 사용된 전선에 따른 손실을 계산하여 보면(표4의 케이블 특성 참조) 다음과 같다.

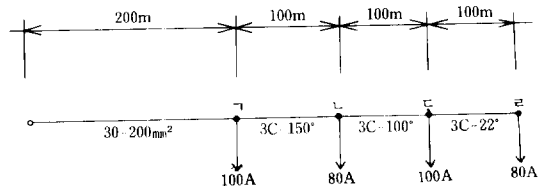


그림 5. 저압 배전선로 예(CV지중 저압)

표 4. 사용케이블의 제특성표

케이블 규격	임피던스 Ω / X_m (한가닥)	m 당 가격(원)
3C-200mm ²	0.122+j0.0909=0.15214	26,492 원 물가자료 88년4월
3C-150mm ²	0.160+j0.0897=0.18342	20,807 -
3C-100mm ²	0.240+j0.0933=0.25749	14,092 -
3C- 22mm ²	1.08+j0.0984=0.08447	3,538 -

① 구간에 따라 다른규격으로 설치하는 경우(아래그림)

○-ㄱ구간손실 $W_1=11,830W$.

ㄱ-ㄴ구간손실 $W_2= 3,719W$.

ㄴ-ㄷ구간손실 $W_3= 2,503W$.

ㄷ-ㄹ구간손실 $W_4= 2,082W$.

따라서 총손실은 20,134W.가 된다.

② 전구간을 3C-200mm²로 설치하는 경우 총손실은

$11830+3085+1497+0.292=16686[W]$ 가 된다.

따라서 ②의 배선방법이 ①의 배선에 비해 3.5KW정도 전력 손실이 작게 됨을 알수 있다. 두가지 경우의 소요 공사비를 케이블가격에 노임 30% 정도를 가산하여 비교해 보면 약 533만원이 추가되나 부하를 전부하로 24시간 운전하는 경우 손실액은 연간 680만원 정도로서 1년이내에 초기 투자비를 회수할 수 있다.

따라서 적절히 간선을 키워주면 전압강하 측면에서도 유리하며 전력에너지도 절감하고(경비경감), ㄴ·ㄷ·ㄹ단의 부하유동성도 매우 좋아져 1석3조의 이익임을 쉽게 알수 있다.

배전선의 연간 총경비는 일반적으로 다음과 같이 표시한다.

$$Y=K_1+K_2=(1+k_1+k_2)C \cdot A \cdot P + \frac{I^2 \cdot N \cdot f}{50 \cdot A}$$

(원 / ω / 년)

여기서 K_1 은 연간 경비로서 이의 구성은 다음과 같다.

C : 케이블의 단가(원 / mm² / m)

A : 전선의 단면적(mm²)

P : 건설비에 대한 이자, 감각삼각비 및 유지보수비 등 경비율

k_1 : 케이블 값에 대한 노임비율(%)

k_2 : 케이블 값에 대한 경비비율(%)

K_2 은 연간 전력 손실비로

I : 부하전류(A)로 60℃ 연동선 1mm²에 대한 1m당

표 5. 배전선의 부하율과 경제적 전류 밀도의 관계

부하율(F)	손실계수(f)	F=1로 ρ가 100일때의 기준값
0.3	0.153	256
0.4	0.232	208
0.5	0.325	175
0.6	0.432	152
0.7	0.553	134
0.8	0.688	121
0.9	0.837	109
1.0	1.000	100

저항율은 $1/50 \Omega$ 로서 A(mm²)의 단면적을 갖고 있는 케이블의 부하전류가 I(A)라고 할때 저항 손실은 $I^2 / 50 \cdot A$ 이다.

N : 1W · 1년간의 전력량요금(원 / W · 년)

f : 손실계수 $f=0.3F+0.7F^2$

F는 부하율로 이들의 관계는 다음 표-5와 같다.

이때 총경비의 조건은 $dY / dA=0$ 이므로

$$(1+k_1+k_2)C \cdot P - \frac{I^2 \cdot N \cdot f}{50 \cdot A^2} = 0$$

$$\left(\frac{I}{A}\right)^2 \cdot \left(\frac{N \cdot f}{50}\right) = (1+k_1+k_2)C \cdot P \text{가 되며}$$

I/A 는 전류 밀도로서 경제적 전류밀도 $\rho[A/mm^2]$ 는

$$\rho = \sqrt{\frac{(50 \cdot (1+k_1+k_2)C \cdot P)}{N \cdot f}}$$

가 된다.

8. 맺는말

이상과 같이 잘알고 있으면서도 실질적으로 잘 안되고 있는 수변전설비의 전력 에너지 낭비요소 몇 가지에

대하여 검토하여 보았다. 이 이외에도 역율관리, 고품질 전력공급, 운영관리 측면등과 설비의 조명시설, 동력설비 측면에서도 논하여야 하나 지면관계로 여기서는 줄이고 다음 기회로 미루기로 한다.

참 고 문 헌

- 1) 한국동력자원연구소, '전력의 효율적이용기술연구(1V)', KE-87-5, 1987
- 2) 한국동력자원연구소, '에너지절약기술원샵 논문집 1,2', 1986, 1987
- 3) 전기협회, '에너지절약세미나, 전기와 에너지절약'
- 4) 한국동력자원연구소, '에너지절약기술 보급촉진에 관한 연구', KE-86-25, 1986
- 5) '전기설비 성에너지 설계와 실제', 일본전기서원, 1981
- 6) '전기관리 테크닉', 일본전기서원, 1985
- 7) 일본성에너지센터, '빌딩건축설비의 성에너지', 1983
- 8) '효율향상 테크닉', 일본전기서원, 1985
- 9) 이경식 '전기설비계획운전과 보호제전기정정의', 기다리, 1986
- 10) 한국건설기술연구원, '사무소용건물의 에너지효율평가에 대한연구', 1987
- 11) '전기설비기술제산 핸드북', 기다리, 1983
- 12) 한국전력공사, '건물에너지사용설비 자동화기준연구', 1988