

# 스마트 절전컨설팅(Smart Power Savings Consulting)

## - 수 · 변전설비의 절전컨설팅 -

### Content

1. 스마트 절전컨설팅이란?
2. 주택(아파트세대)용 가전기기의 절전컨설팅
3. 사무용 전기기계의 절전컨설팅
- 4. 수 · 변전설비의 절전컨설팅**
5. 동력설비의 절전컨설팅
6. 조명설비의 절전컨설팅
7. 전열설비의 절전컨설팅
8. 신재생에너지설비의 절전컨설팅

◆ 2011년도 3월호부터 연재된 내용입니다.



글 \_ 김 만 건 (No. 71162)

한국전기안전공사 평택안성지사장/기술사

### 라) 설치 시 주의사항

- ① 최대수요전력 감시제어장치에 연결되어 차단, 투입되는 부하는 예측전력이 목표전력 초과 시 잠시 가동 중단 되어도 주요공정에 미치는 영향이 미미한 설비(에어컨, 냉동기, 난방설비, 조명 등)를 우선 선정하며 산업체의 경우는 주 생산에 영향을 주지 않는 설비를 선정한다.
- ② 건물의 경우는 주 제어대상 전력설비가 냉 · 난방관련 설비이므로 냉 · 난방설비의 차단시간을 채널(Channel) 별로 균등하게 유지할 수 있는 프로그램 순차제어방식의 선택이 바람직하다.
- ③ 산업체의 경우 냉 · 난방설비와 생산설비가 혼용되어 제어대상 전력설비로 선정될 경우 중요도가 낮은 설비의 차단시간이 많고 중요도가 높은 설비는 가급적 차단 시간이 적도록 우선제어방식이 유리하다.
- ④ 산업체와 빌딩, 공공기관은 순차제어방식과 우선순위 제어 방식이 가능한 기기로 선정함이 바람직하며 부하특성 및 부하종류에 알맞은 제어방식을 선정 운영하여야 한다.
- ⑤ 기존의 Demand Controller 설치 시 계기용 변압 · 변류기 (PT, CT)에서 새로운 전력량계를 설치하여 전력량 신호 및 동기를 검출하거나 카메라센서(Camera Sensor)를 이용한 동기접속형 Demand Controller를 설치하여 동기가 제대로 일치하지 않을 경우 초기투자비가 다소 과다한 실정이었다. 그러나 최근 전력회사에서 동절기 및 하절기 최대수요전력 절감을 효율적으로 달성하고 수용가의 초기투자비 부담을 덜어주고자 전력량계의 봉인을 개방 하여 전력량계에서 직접 사용전력량 및 E.O.(End of

Interval)를 검출하여 정확하게 수요시한(15분)을 일치 할 수 있게 하였다. 이에 수용가는 초기투자비(전력량계 및 동기접속장치 등의 비용)를 줄일 수 있게 되었다.

- ⑥ Demand Controller 설치 전 채널(Channel)별 부하 균을 빠짐없이 선정 및 배분하여 설치효과를 극대화 하여야 하고, 충분한 시운전을 하여야 한다.

- ⑦ 최대수요전력계(D.M: Demand Meter)  
최대수요전력을 측정할 수 있는 계기로서 고압이상으로 전기를 공급받는 고객, 저압 교육용 고객과 변압기설비 공동이용 고객에게 부설할 수 있으며 이 경우 최대수요전력계는 고객이 시설 · 소유함. 그 측정시한은 15분계의 누산형이다.

### 마) 비상용발전기 전력피크관리시스템 사용하여 여름철과 동절기 Peak전력 관리로 전기요금 10~30% 이상 절감 실현

비상용발전기 피크전력관리시스템은 피크전력을 관리목표 수준으로 제어함으로써 계약전력 감소를 불러 전기요금을 절감 하도록 하는 것이며 “하절기에는 냉방부하를 분담하고 동절기에는 전열기와 난방부하”를 분담하여 담당함으로써 전기 기본요금을 절감할 수 있다.

- ① 비상발전기 전력피크관리시스템의 절감 Point  
백화점, 병원, 아파트 등 일정 규모 이상의 건물은 소방법에 따라 의무적으로 비상발전기를 설치해야 한다. 비상발전기 전력피크관리시스템은 디젤연료를 사용하는 기존 비상발전 기와는 달리 혼소 엔진으로 개조하여 천연가스(80%)와 경유(20%)를 혼합한 연료를 사용함으로써 소음을 현저하게 낮추고 이산화탄소 배출을 줄이며, 큰 연료 저장 탱크 등이 필요 없어 공간 활용성이 높다.

- ② 기존 디젤발전기를 혼소 방식으로 개조하는 방식을 채택했기 때문에 디젤 시스템의 변경 없이 천연가스 공급을 위한 시스템만을 추가해 장착할 수 있어 엔진의 개조 범위가 좁다. 혼소 엔진은 기존 디젤 엔진에 전자제어 장치를 부착해 디젤연료와 동시에 천연가스를 공급하게 되고 공기와 주연료(천연가스)가 흡입관 내에서 미리 섞여 연소실 내부로 유입되며 피스톤 압축행정의 끝부분에 도달했을 때 소량의 디젤 연료를 분사해 압축 착화된다.
- ③ 경유엔진을 천연가스 혼소엔진으로 개조해 하절기 냉방 부하 시(10~16시) 천연가스를 사용하여 발전함으로써 전력회사의 피크전력을 감소시켜 하절기 천연가스 사용 증대 및 사용자의 전기요금 절감 등의 결과를 얻을 수 있어 고객의 가치를 창출할 수 있다.
- ④ 기본요금도 낮추고 이산화탄소도 줄이는 일석이조의 효과를 얻을 수 있다.

### 3) 집중 원격감시 제어시스템(SCADA System)

SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition) 시스템은 하루가 다르게 발전하고 있는 컴퓨터 및 응용 기술의 확산으로 사회 전반적인 분야에서 널리 사용되고 있다. 이전의 SCADA 시스템은 단순 계측 데이터의 수집과 조작 명령의 수행 등의 기능을 제공하였으나 1990년대 초반부터 개방형 시스템을 근간으로하는 C/S(Client/Server)환경, RDBMS(Relational Data Base Management System) 등을 통하여 외부 시스템과의 통합이 시도되고 있다. 이러한 배경을 바탕으로 현재의 SCADA시스템은 설비의 이상 진단, 시스템의 유지 보수, 위기관리 등의 기능을 포함하는 다기능 원방감시제어(SCADA) 시스템으로 변모하고 있다.

#### 가) 원방감시제어(SCADA) 시스템

멀리 떨어져 있는 각종 설비를 전송선로를 통하여 선택제어 및 감시하는 것으로서 이 시스템을 통하여 집중화, 무인화를 실현할 수 있다.

이 시스템은 전자통신, 컴퓨터, 계측제어, 전력설비 및 시스템 운용기술 등을 통합하여 전력시스템을 효과적으로 운용하기 위한 데이터 통신 시스템이므로 부하추이를 관찰하여 피크(peak)치에 접근할 경우 부하차단순서에 의하여 부하 차단을 실행하고 동시에 경보신호(signal)를 사용자에게 알려 최대 수요전력관리도 수행하고 있다.

#### 나) 부하제어 방식

- ① 조정부하가 선정되면 조정부하는 일괄하여 동시에 차단하는 것이 아니고 여러 개의 그룹으로 나누어서, 부하 상태에 따라서 계약전력을 초과시키지 않기 위하여 최저의

필요한 양만큼 차단하고 부하가 적어져서 여유가 생긴 경우에는 차단된 부하를 재투입시키도록 하여 될 수 있는 대로 차단부하가 적어지도록 운영한다.

- ② 수요전력초과의 경우 작업원의 판단을 가하여 수동에 의한 조작방법도 있으나, 자동제어 기능을 갖는 수요감시 제어장치를 이용하면 작업원의 부담을 경감시키며 확실한 제어를 기대할 수 있다.
- ③ 조정부하의 각 그룹은 미리 정해진 우선순위에 따라서 차단, 투입의 조작을 하지만, 우선순위의 결정방법에는 아래그림에서 나타내는 고정우선방식과 순환우선방식이 있다. 조정부하의 각 그룹은 각각 중요도가 다르므로, 차단의 경우는 항상 중요도가 낮은 부하부터 차단하고 투입의 경우는 중요도가 높은 부하부터 투입하는 것과 같은 우선도를 고정한 방식이 보통 적용되고 있다.

### 4) 부하의 피크시프트(Peak Shift) 제어

- ① 특정 수요관리 프로그램 혹은 프로그램들의 조합의 실시 전후의 부하 프로파일의 변경을 추정하여야 한다.
- ② 수요관리 프로그램의 참여 전후의 경제성 평가를 실시하여 의사결정 한다.

## 4.5 역률 관리

### 1. 역률개선 기대효과

한국전력공사의 기본공급약관에 따라 기준역률은 90% 이상으로 유지하여야 한다. 고객의 역률이 기준역률을 초과할 경우에는 95%까지 초과하는 매 1%당 기본요금의 1%를 감액하고, 고객의 역률이 기준역률에 미달할 경우에는 60%까지 미달하는 1%마다 기본요금의 1%를 추가하며, 첫 번째 달에는 추가요금의 부과를 예고하고, 두 번째 달부터 추가요금을 부과한다.

#### 가. 역률개선 기대효과

- 1) 역률개선에 따른 전기요금 경감(輕減)
- 2) 변압기, 선로손실저감 등 전력손실의 감소
- 3) 변압기설비용량의 여유도 증가
- 4) 전압강하의 감소
- 5) 부하기기의 효율적 운영으로 수명연장
- 6) 전력계통의 안정 등이 있다.

#### 나. 역률개선

전동기, 변압기, 용접기, 안정기 등 유도성 전기기는 무효

전력을 발생하므로 이로 인한 역률의 저하로 계통의 전압강하, 선로 및 변압기 손실 등이 증가하게 된다. 따라서 이와 같은 기기를 사용하는 전로에는 전압강하 및 손실의 저감 등 설비 이용의 합리화를 위하여 진상용 콘덴서를 설치하여 회로의 역률을 개선할 필요가 있다.

역률 개선은 선로에 콘덴서를 연결함으로써 이루어지며, 삽입된 위치로부터 전원측으로 향하여 역률이 개선된다. 역률이 개선 되면 변압기, 선로 등의 저항 손실을 감소시키어 절전할 수 있고, 부하단에서의 전압도 확보된다.

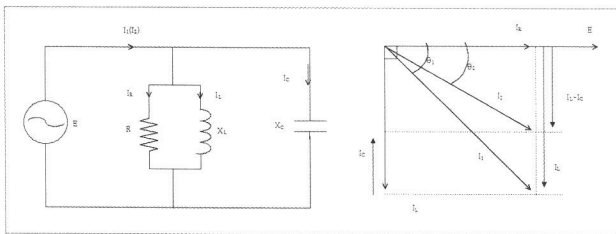
### 1) 역률개선에 따른 전력요금 경감(輕減)

각 변압기, 전동기, 용접기 등 부하 차단기 2차측에 역률개선용 콘덴서 부착하여 역률 개선함으로써 전기요금을 절감한다.

- ① 기준역률 90% 초과 95%까지 개선할 경우 해당되는 율(1~5%) 만큼 기본요금에서 공제(95% 초과할 경우는 95% 적용)하고, 기준역률에 미달할 경우에는 60%까지 미달하는 율(1~30%) 만큼 기본요금에 추가하여 요금을 부과한다.
- ② 전기요금은 기본요금±역률요금+전력량요금+부가가치세(기본요금+역률요금+전력량요금)×0.1+전력산업기반기금(기본요금+역률요금+전력량 요금)×0.037+TV수신요금-자동할인액으로 계산되어 부과한다.

### 2) 변압기, 선로손실 저감 등 전력손실의 감소

유도성 전기기기는 전력을 소비하는 저항성분과 무효전력을 발생하는 유도성 리액턴스(지상) 성분이 함께 있어서 교류전원 E(V)를 인가하면 부하에는 저항성분에 흐르는 전류(유효전류)  $I_R$ 와 유도성 리액턴스(X)에 흐르는 지상분 무효전류  $I_L$ 가 함께 흐르게 된다. 이들 관계를 표시한 벡터도에서 알 수 있듯이 유효전류  $I_R$ 은 전압과 동위상이 되고, 유도성 무효전류  $I_L$ 은 90° 뒤지게 된다. 합성전류  $I_1$ 은 선로전류가 되며, 위상각  $\theta_1$  만큼 뒤져서 흐르게 된다. 이때  $\cos\theta_1$ 을 이 회로의 역률이라 한다.



【그림.1.5】 교류회로 및 벡터도

- ① 부하와 병렬로 진상콘덴서를 접속하면 콘덴서에 흐르는 전류(용량성 무효전류)  $I_C$ 는 인가전압보다 90° 위상이

빠르므로  $I_L$ 과 서로 상쇄되게 한다. 즉, 콘덴서 접속 후 합성전류(선로전류)  $I_2 = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$  (A)로서 무효분 전류가 감소되면서 선로전류도 작아지고, 위상각은  $\theta_1$ 에서  $\theta_2$ 로 작아져

역률  $\cos\theta_2 = \frac{I_R}{I_2}$  로 개선된다.

### ② 변압기의 손실저감

변압기 손실은 철심에서 발생하는 철손과 코일에서 발생하는 동손이 있다. 철손은 부하전류에 의하여 변화되지는 않지만, 동손은 부하전류의 자승에 비례하여 증감하므로 역률을 개선시키면 동손을 크게 줄일 수 있다. 변압기의 손실중 동손이 차지하는 비율을 75%라고 하면, 동손 저감량은 다음과 같다.

$$W = \left(\frac{100}{\eta} - 1\right) \times \frac{3}{4} \left(\frac{P}{P_1}\right)^2 \times \left(1 - \frac{\cos\theta_1}{\cos\theta_2}\right) \times P_1 \text{ [kW]}$$

단,  $\eta$  : 변압기효율[%], P : 부하용량 [kW],  $P_1$  : 변압기의 용량[kW]

$\cos\theta_1$  : 개선 전 역률,  $\cos\theta_2$  : 개선 후 역률

### ③ 배전선의 손실경감

전류가 선로를 따라 흐르면 전선 내에는 전류에 의한 손실이 발생한다.

선로손실은 단상일 경우 (선로전류  $I$ )<sup>2</sup>×(선로저항 R)  
3상 선로손실=3×(선로전류  $I$ )<sup>2</sup>×(선로저항 R)의 관계에서 전류의 자승에 비례하여 손실이 증가하게 된다.

따라서 역률개선을 통하여 선로전류를 줄이면 선로손실을 줄일 수 있다.

일반적으로 선로손실 감소량과 역률개선 관계식은 다음과 같다.

$$W_L = 3 \left(\frac{P_R}{E}\right)^2 \times R \times \left(1 - \frac{\cos\theta_1^2}{\cos\theta_2^2}\right) \times 10^{-3} \text{ [kW]}$$

$P_R$  : 부하의 유효전력[kW], E : 회로전압[kV], R : 선로 1상분의 저항[Ω]

- ④ 동일한 전압에서 전력을 구내배전선로에 공급할 때 역률을 60%에서 95%로 개선하면 전력손실은 약 61% 감소한다.

$$\frac{P_L 0.6 - P_L 0.95}{P_L 0.6} \times 100\% = \frac{\frac{1}{0.6^2} - \frac{1}{0.95^2}}{\frac{1}{0.6^2}} \times 100\% \approx 61\%$$

- ⑤ 역률제어에 의한 콘덴서 자체손실 감소(약 3.5W/1kVA) - 무효전력, 전압, 역률, 전류, 시간에 의한 제어 등이 있다.

▶▶ 다음호에 계속