

전력품질에 대한 분석과 개선대책

이은용 · 임수생

충남대학교 전기공학과 교수 · 박사과정

1. 머리말

한국전력공사의 “배전선로의 무효전력 최적관리에 관한 연구”(1996. 12)에 의하면 변전소에 따라 최대 90%에서 최소 72%의 역률로 공급되고 있으며 역률 보상용 콘덴서가 설치수량 대비 36%만이 가동되고 있다.⁽¹⁾ 최근 5년('95~'99)간 우리 나라의 배전계통에서 발생한 연도별 정전현황은 표 1과 같으며 전(全)정전 발생수 중 순간정전이 82%이고 이 순간정전 중에서 지속시간 0.5초 이하의 순간전압저하가 약 85%를 차지하는 것으로 조사되었다.⁽¹⁾

전압·전류 외란과 고조파의 함유 문제는 154kV 송전

선로에서는 없으나 22.9kV 배전선로에서는 매우 불안정한 것이 보고되었으며 표 2의 산업용 수용가의 전압·전류 외란 측정결과처럼 전력품질이 나빴다. 그러나, 전력 품질을 나쁘게 하는 외란 발생은 국지적으로 나타나며 순시성 현상이기 때문에 정확한 측정과 평가분석이 어렵고 전력 외란으로 인한 각 수용가의 피해내역 파악도 곤란하여 그 심각성을 제시하기 어렵다.

미국의 EPRI(Electric Power Research Institute) 보고서(1993)에 의하면 많은 수용가에서 순시성 전력품질의 저하로 입은 피해액을 연간 약 260억불(약 34.6조 원) 정도로 추정하고 있는 것을 보면 전력전자장비가 급증했고 디지털 문화가 확산한 현재는 엄청난 액수일 것으

〈표 1〉 5년간('95~'99) 연도별 정전현황

| 구분 \ 연도 | | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 계 |
|-----------------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 고장건수 | 일시 | 2,794 | 2,906 | 2,233 | 2,256 | 2,769 | 13,138 |
| | 순간(점유율) | 12,759 (81.1%) | 12,129 (80.7%) | 10,614 (82.6%) | 10,829 (82.8%) | 11,543 (80.7%) | 57,874 (81.5%) |
| 회선수 | | 4,124 | 4,375 | 4,719 | 4,953 | 5,529 | 23,700 |
| 선로연장(km) | | 457,995 | 482,525 | 509,472 | 522,210 | 534,278 | 2,506,480 |
| 1000km 당 일시고장건수 | | 0.65 | 0.60 | 0.44 | 0.43 | 0.52 | 0.52 |

로 추정된다.

우리 나라에서도 계약전력 1,000kW 이상의 대전력 수용가 약 4,600개소 중 1% 정도인 50개소에 대해 설문 조사를 실시한 결과 순시성 전력품질 저하로 연간 약 27~65억원 정도의 손실이 발생하는 것으로 보고되어 있으며, 이를 토대로 우리 나라 대전력 수용가 전체의 피해액을 추정하면 연간 약 2700~6500억원 정도에 달할 것이다.

더욱이 전력품질 저하로 인한 자동화 기기의 오동작 사례가 보고되고 있으며 정전피해에 대한 보상요구가 제기되고 있는데도 진상조사나 대책수립이 조직적으로 이루어지지 못하고 있다.

앞으로 IT산업의 세계선도를 부르짖고 있는 우리 나라에서 진정 세계최고의 IT산업국을 이룩하려면 전력품질 향상부터 이루려는 노력이 우선해야 할 것이다. 그래서 전력품질에 대해 수용가 중심으로 정의하고 필요성과 전력품질에 대한 기준을 모아 제시하고자 한다.

2. 전력품질에 관련된 용어 정의

수용가에게 공급신뢰성이 높고 양질의 전력을 공급하기 위해 전력전자장비(FACTS, SVC, STATCOM)가 설치되고 있고, 수용가의 부하장비에 가장 적합한 전압·전류와 주파수를 공급하기 위해 전력전자 컨버터가 사용된다.^(2, 3, 4) 또 Diode, GTO, IGBT 등의 비선형 반도체 소자가 각 부하장비의 기능을 위해 사용되는데 이러한 요인들은 개폐기의 개폐서지, 낙뢰 등의 외부여건과 함께 전력의 품질을 나쁘게 만든다.

그래서, 대용량 가변속 구동장치와 소용량 전자장비에 서 고조파 전압이 발생하면 전력전자 컨버터를 통해 전력을 공급받아 운전되고, 매우 높은 신뢰성을 요구하는 정밀자동제어기가 설치되어 있는 공장들, 민감한 정보장치가 설치되어 있는 금융센터, 컴퓨터 자료은행, 병원의 의료기기들은 과거에 경험하지 못했던 사고와 예기치 못한

<표 2> 산업용 수용가의 전압·전류 및 고조파 측정 결과

| 부하의 종류 | 측정 결과 | 비고 |
|--------------------------------------|--|--|
| 선형부하(히터부하) (제지공장, 합성섬유공장 등) | 고조파 전류 : THD 5% 전압의 왜형 : THD 3.3% 전압 불평형 : 0.7% | 고조파전류: 공장내 다른 설비로부터 유입되는 고조파 영향으로 추정 |
| 정속운전의 전동기부하 (농형유도전동기류) | 고조파 전류 : THD 6% 전압의 왜형 : THD 2.6% 전압 불평형 : 0.1% | 전류분 고조파는 5고조파 중심으로 발생 |
| 인버터에 의한 속도제어 전동기 부하 (대다수 산업수용가부하) | 고조파 전류 : THD 20% 전압의 왜형 : THD 3.4% 전압 불평형 : 0.3% | 전류분 고조파는 5고조파와 7고조파 중심으로 발생하고, 필터설치되지 않은 경우 3의 배수조파 성분이 크고, THD는 필터설치한 경우의 2배 이상 발생함 |
| 아크 용접기 부하 (전자부품공장의 부하) | 고조파 전류 : THD 102% 전압의 왜형 : THD 132% 전압 불평형 : 1.6% | 우수고조파 성분이 크고, 필터가 설치되지 않은 경우 3고조파의 영향이 크며, Notching 현상 관측 |
| 정류기 부하 (산업수용가) | 고조파 전류 : THD 68% 전압의 왜형 : THD 3.2% 전압 불평형 : 0.9% | 고조파는 3, 5, 7고조파 중심으로 발생하고, 3의 배수 고조파 성분이 THD에 미치는 영향이 크다. |
| 전기로 (반도체 웨이퍼 생산 부하) | 고조파 전류 : THD 23.7% 전압의 왜형 : THD 2.6% 전압 불평형 : 0.6% | 수용가의 전원측에 필터가 설치된 경우로서 3의 배수 고조파가 발생되지 않고, 5고조파 중심으로 발생 |
| UPS에 연결된 Processor 장비 | 고조파 전류 : THD 21.0% 전압의 왜형 : THD 1.8% 전압 불평형 : 0.4% | 12상 정류형 UPS 사용으로 전압파형의 왜곡이 적다. |

문제가 발생하게 된다.

특히, 민감한 마이크로 프로세서를 기본으로 하는 정보 처리 시스템의 코어(Core)에서 고조파가 발생하면 이 코어와 연결된 모든 분로에 이 고조파가 동시에 전달되어 장비의 고장이 일어나거나 전원이 차단되어 공장이 멈출 수도 있고, 정보의 오류가 발생하여 기기의 오동작을 일으킬 수 있으며 불량품 발생 등 생산의 차질과 운영의 문제점이 일어날 수 있어 경제적 손실을 가져올 수도 있다.

따라서, 전력품질의 보상이 점차 절실히 그리고 크게 요구되고 있는 실정이다. 그 동안은 산업용 전력설비의 낮은 역률 때문에 발전 및 송배전 설비용량을 증대시켜야만 했는데 Inverter-type 무효전력 보상기를 개발하여 이용률을 최대로 높인다면 엄청난 초기투자가 요구되는 발전설비와 송전설비 용량을 증설할 필요가 없다. 그리고, 송배전 손실을 줄일 수 있다. 또한 수전단 전압의 과도변화시 무효전력을 적절히 제어함으로써 필터의 크기를 줄이고 동특성을 우수하게 할 수 있다.⁽⁵⁾

그런데도 수용가는 전기는 단전(Outage)이나 정전(Interruption) 없이 항상 제공되어야 하고 최고의 품질이기를 요구하고 있다. 그러나, 실제로는 부하의 급증에 앞서 발전설비가 완공되지 않으면 단전(Outage)될 수도 있고 때로는 발전설비나 송배전 설비의 고장과 수용가 측의 고장원인 제공으로 정전될 수도 있다. 그리고, 전력전자 컨버터를 통해 전력을 공급받는 부하의 종류와 양이 전사용부하의 50% 이상으로 급증하고 있는 현실에서 별도의 품질 관리 없이는 전력품질이 나빠질 수밖에 없다.

게다가 전력산업의 민영화는 신뢰도와 품질이 보장되는 공급자를 선택하는 경쟁구도가 될 수밖에 없다. 따라서 이제는 전기의 품질이 측정되어 예시되고 보증되어야 하며 개선되어 전력시장에 내놓아야 할 것이다. 그리고, 공급자는 양질의 전력을 발전하여 고장없고 외란에 강한 송배전계통으로 전압의 이도(Sag), 용기(Swell), 고조

파외란(Harmonic Distribution) 등이 없도록 수용가에 공급하여야 할 것이다.

발전설비에서 생산된 정격주파수의 정현파 전압·전류를 전력수송 과정에서 전압의 크기만 사용하게 변환하여 수용가에 공급한다 하더라도 수용가 측에서 전력전자장비를 통해 부하가 요구하는 전원으로 변환할 때 고조파 전압·전류가 발생하여 품질을 나쁘게 한다.

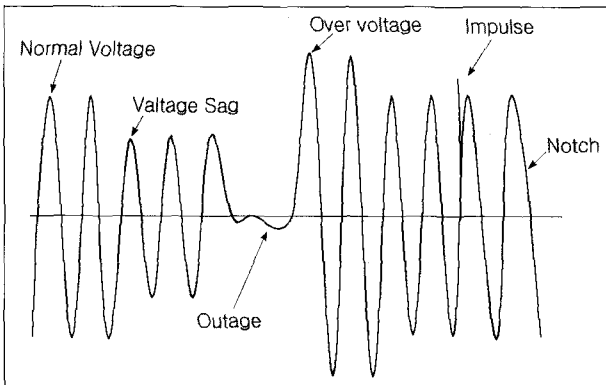
즉, 표 3에서와 같은 원인들에 의해 전력 외란이 발생하여 전력 품질이 나빠지는 것이다. 전력의 품질을 평가하는 기준 역시 지금까지는 전력회사측에서는 공급신뢰도로 평가하고 수용가측에서는 주파수, 전압 유지율과 정전횟수(또는 시간) 등의 전력의 상태로 평가하여 왔으나, 앞으로는 미소한 품질변화에도 민감하게 영향받는 부하 기기들에 공급하는 경우에는 표 3처럼 순시전압이도(Instantaneous Voltage Sag), 순시전압상승(Instantaneous Voltage Swell), 순시정전(Instantaneous Interruption), 고조파(Harmonics), 고조파 왜형(Harmonic Distortion), 전압불평형(Voltage Unbalance) 플릭커(Flicker), 서지(Surge) 등의 외란들의 정도로 평가되어야 할 것이다.

그림 1과 같은 전력외란은 수전 설비중의 차단기의 개폐와 무부하 변압기의 돌입 전류 등으로 다음과 같은 갑작스런 전압·전류 현상이 발생할 수 있다.⁽⁶⁾

- ① 전압크기 변화(Voltage Magnitude variation) : 전체부하의 변동, 변압기 Tap 변화, Capacitor Bank 또는 Reactor의 개폐
- ② 전압주파수 변화(Voltage Frequency Variation) : 부하와 발전기 사이의 불평형
- ③ 전류크기 변화(Current Magnitude Variation) : 허용전류 범위내에서 전압의 영향
- ④ 전류상 변화(Current Phase Variation) : 부하역률을 1로 운영 필요

〈표 3〉 전력외란의 기본특성 및 발생 원인

| 외란형 | 현상 | 기본특성 | | | 발생원인 |
|---------------------------------|---|-------------------|------------|-----|---|
| | | 지속시간 | 전압크기 | 주파수 | |
| 전압이도 (Voltage Sag) | 순간적 강하가 30 사이클 이하로 지속됨 | 0.5~30 cycles/min | 0.1~0.9pu | - | <ul style="list-style-type: none"> • 낙뢰, 중부하 이상의 개폐 • 계통의 순간적 부하 급증, 보정커패시터의 개폐 • 대형전동기의 기동 |
| 전압용기 (Voltage Swell) | 순간적 상승이 30사이클 이하로 지속됨 | 0.5~30 cycles/min | 1.1~1.4pu | - | <ul style="list-style-type: none"> • 갑작스런 부하 감소 • 다른 상의 사고 • 부정확한 변압기 설치 • 보정커패시터 개폐 • 느슨한 접속상태로 인한 아크발생 |
| 정전 (Interruption or Outage) | 전력의 완전소실이 수(μ s)에서 수 시간까지 지속 시간으로 순간정전, 일시 정전으로 구분 | 수(μ s)~수(hr) | 0.1pu 이하 | - | <ul style="list-style-type: none"> • 약전후, 전력선사고 • 발전기 변압기고장 • 퓨즈, 차단기작동 • 부정확한 보조협조체계 |
| 서지(Surge), Spike Impulse | 전압상승이 (μ s)~(ms) 동안 지속됨 | (μ s)~(ms) | 1.4(pu) 이상 | - | <ul style="list-style-type: none"> • 낙뢰 전력간선개폐 • 대용량전동기의 턴-오프 • 단락이나 계통고장 • 동기발전기의 경미한 구조적 편차 |
| 고조파왜형 (Harmonics Distortion) | 정상 정현파의 60(Hz)~3(kHz) 범위의 연속적인 왜형 | 정상사용 상태 | 1.0~1.2pu | - | <ul style="list-style-type: none"> • 비선형부하(UPS, Inverter, Smps) • 스위칭소자(FACTS) • 철골진(전력변압기) |
| 전기적 소음 (Electrical Noise) | 5(kHz) 이상의 주파수에서 일어나는 정현파의 연속적인 왜형 | 간헐적 | 0.1~7% | - | <ul style="list-style-type: none"> • 형광등의 방전 • 전자식 안정기 • 아크로 전력전자 컨버터 • 무효전력변동 |
| 전압불평형 (Voltage Unbalance) | 3상 전압전류의 평균치에 대한 최대편차로 나타내는 전압불평형으로 영상분 전류의 영향발생 | 정상사용 상태 | 0.5~2% | - | <ul style="list-style-type: none"> • 단상부하 • 역률, 불형형 3상부하 |



〈그림 1〉 전형적인 전력외란

- ⑤ 전압·전류 동시변화(Voltage and Current Variation)
: 불평형부하, 단상부하로 인해 발생

- ⑥ 전압동요, 빛 플리커(Voltage Fluctuation, Light Flicker)
- ⑦ 고조파전압 왜형(Harmonic Voltage Distortion)
: 발전기, 비선형계통, 계통용 전력전자 장비, 변압기 비선형부하
- ⑧ 고조파전류 왜형(Harmonic Current Distortion)
: DC/AC 인버터 스위칭 주파수
- ⑨ 중간고조파 전압·전류성분(Interharmonic Voltage and Current Components)
: Cycloconverter나 가열 Controller에서 발생하는 고조파 전류성분 변압기의 Inductance와 Capacitor Bank 사이의 예측 못한 공진

- ⑩ 주기적 전압 노칭(Periodic Voltage Notching) : Diode나 Thyristor의 전류시 ms 미만의 단락회로형성으로 전압강하, 차고조파외란, SSR현상
- ⑪ 주신호 전압(Main Signaling Voltage) : 공급전압에 고조파신호 중첩
- ⑫ 고주파전압 노이즈(High-frequency Voltage Noise) : 많은 비선형부하들의 조합으로 일어나는 Noise

3. 배전 계통의 전력품질 향상의 필요성

자동화와 정보화 추세는 주택을 비롯한 대부분의 수용가에서 정밀 전자기기 및 반도체 스위칭 소자를 이용한 장비들이 사용되고 있다. 이 장비들이 전력외란에 민감하기 때문에 전력품질 향상에 대한 대책 마련은 물론 전력품질 용어의 표준화가 시급하다(전력품질 용어의 표준화 노력은 IEEE의 SCC22, IAS, PES와 IEE, CIGRE 등의 학술단체에서 하고 있다. 우리 나라에서도 보조를 함께 해야만 할 것이다).

자가용 전기설비를 갖춘 생산공장에서의 전력은 제품의 품질을 좌우하는 제품 원료의 하나이며, 전력의 효율적인 사용은 제품 원가를 낮추는 요인이기도 한다. 전력품질 향상의 필요성을 부하의 종류에 따라 검토하면 다음과 같다.

(1) 정보기기

정보사회에서 디지털 문화가 확산되고 정보통신기기가 급증하면서 발생하는 정보 유실 사고, 네트워크 시스템의 교환 정보과파 사고 등이 발생한다. 이런 사고들은 침투 부하 발생, 단선사고, 3상 불평형 등에 의해 전압이도(Sag)가 발생하여 일어날 수 있기 때문에 개인용 기기는 ±10% 이내, 대형 기종은 ±5% 이내의 전압변동률을 유지하는 전력품질이 요구된다.

(2) 의료기기

의료기기는 일반전기기에 비해 안전성과 신뢰성이 월등히 높아야 하기 때문에 이에 맞추어 안전하게 설계제작하는 것은 물론 고품질의 전력으로 운전하여야 안전성과 신뢰성이 유지된다.

(3) 전력수송 계통

품질향상을 위한 고성능 Capacitor Bank FACTS, SVC와 같은 설비가 보편화되면서 Switching Surge가 발생하는 것에 대한 대책이 요구된다.

(4) 산업현장의 구동장치

산업현장의 구동장치로 가장 많이 사용되고 있는 유도전동기의 기동·정지시 외란이 발생하고 속도제어가 전력전자기술에 의해 수행되면서 전압, 전류 고조파가 발생하는 것에 대한 대책이 필요하다.

따라서, 수용가 측에서는 다음과 같은 전력품질 관리 대책이 필요하다.⁽⁶⁾

- ① 전원의 전압이도, 전압용기, 전압 불평형, 고조파 함유 등을 측정, 평가하여 보상함으로써 부하와 전력변환장치에 미치는 영향을 줄이는 대책
- ② 전력변환장치에서 발생할 수 있는 Switching Surge가 각종 부하에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 대책
- ③ 각종 부하의 구조적 불평형 및 공간 고조파 발생, 그리고 역률 저하, 비선형성의 외란이 전원변환장치의 오동작과 수명을 저하시키는 것을 보호하는 대책

4. 전력품질 기준

세계적으로 전력품질 향상의 필요성을 위한 기준을 조사된 범위 내에서 기술하면 다음과 같다.

(1) IEEE 519(1992)

- 전력 계통의 고조파 제한 가이드 라인을 제시

- 계통전압과 설비용량에 따른 고조파 전류 왜형 제한 제시
- 고조파 왜형을 측정하고 분석하는 방법 제시
- Flicker를 정의하고 발생원을 밝힘
- TDD(Total Demand Distortion) 단위 사용

(2) IEEE 1159, IEEE 1250(1995)

- 전원 교란을 지속시간 1~2분을 기준으로 단기, 장기로 구분하고 전압용기를 정의

(3) ANSI C84. 1(1982)

- 정상상태 전압변동 범위를 0.9~1.1Pu로 정의함. IEC 1000-3-3 Type(d)에 해당

(4) EC 61000-2-1

- 고조파 발생원을 전력계통, 산업용 부하, 주거용 부하로 구분
- 전압이도(Voltage Sag)를 계통의 공칭전압의 10~99% 전압강하가 1/2 cycle에서 수초동안 지속되는 것으로 정의
- 정전(Interruption)은 100% 전압강하로 정의
- 전압 불평형의 한계치를 2%로 제시

(5) UIE-DWG-2-92-D

- 산업용 설비가 발생하는 전압이도의 빈도와 특성에 대한 정보를 얻는 측정법 제시

(6) CBEMA(Computer Business Equipment Manufacturer Association)

- 전원전압의 변화량을 체크하여 전자장비를 운용할 수 있는지를 판별

(7) IEC 61000-4-7

- 전력계통에서 고조파 왜형 측정법 제시
- 고조파를 준안정(Quasi-stationary), 유동

(Fluctuation), 돌발변화(Rapidly Changing) 등의 형태로 구분

- 시간영역과 주파수 영역에서의 고조파 분석법 제시

(8) 우리 나라의 현주소

우리 나라에서는 1996년 12월 30일 개정된 전기사업법 제21조와 동 시행규칙 25조('97. 9. 20 개정)에 일반 전기사업자는 수요자에게 공급하는 전기전압 및 주파수를 $220 \pm 13V$, $380 \pm 38V$, $60 \pm 0.2Hz$ 로 유지하도록 규정하고 관리하고 있다. 그리고, 연간 정전시간은 한국전력공사의 사업목표로 관리하고 있을 뿐, 아직 전력품질에 관한 기준이 마련되어 있지 않다. 그러나, 디지털 문화 확산과 산업환경 다양화, 정밀화는 전력품질 향상을 요구하고 있다. 특히, IT 산업 육성의 필수 조건이다.

5. 각종 전력외란이 미치는 영향

가. 전압이도(Voltage Sag)의 영향

- ① 방전 등이 1cycle 미만, 전압정격치의 85~90%에서 점멸되어 재점등되기까지 수분 소요
- ② 전압정격치 80~85%에서 제어장비가 오동작하거나 생산라인 정지
- ③ 5~15% 전압변동범위에서 전동기의 갑작스런 속도 변동이 일어나거나 마이크로 프로세서 기능이 유지되지 못해 정지
- ④ 강제전류형 인버터의 정류 실패
- ⑤ 1~5cycle 지속 50~70% 전압범위에서 전자접촉기가 Trip되거나 소실
- ⑥ 컴퓨터 시스템 Crash
- ⑦ 공장 등의 수전설비의 부족전압계전기 작동
- ⑧ 전력전송의 용량이 적어지고 손실 증대

나. 전압 용기(Voltage Swell)의 영향

- ① 전기설비와 전자소자에 Stress를 가하여 수명을 단축시킴
- ② 제어장비와 가변속 구동장치의 내부 보호장치 작동에 의해 Trip됨
- ③ 전자장비의 소손과 오동작이 일어날 수 있음
- ④ 전력계통에 설치한 무효전력 보상용 Capacitor Bank들의 접속/탈락을 유발시킴
- ⑤ 자성재 사용기기의 자기포화로 인한 고조파가 발생하여 기기의 절연열화를 가져옴

다. 순간정전(Momentary Interruption)의 영향

- ① 수초 동안의 정전은 유도전동기의 속도를 급감시켜 공정 프로세서를 혼란시키고 유도전동기 가변속 구동장치를 Tripping 시킴
- ② 전자장비의 Reclosing 시간내 트립되고 Blinking-clock이 정지되어 수동 Reset이 필요함

라. 고조파 왜형의 영향

- ① 전력 퓨즈의 소호
- ② 예기치 못한 차단기 과열
- ③ 가변속 구동장치의 오동작
- ④ 전자계전기, 컴퓨터의 오동작
- ⑤ 오븐이나 전기로의 경우 전기절연의 열화를 가져오는 전압 스트레스로 됨

마. 고조파 전류 및 고조파 전압 왜형의 영향

- ① 고조파 전류왜형은 변압기, 전력케이블로 구성되는 계통의 과부하 상태로 만들
- ② 직렬저항 값을 증가시키며 실요치가 같은 정현파 전류보다 더 많은 손실을 유발

- ③ 회전기의 동손이나 철손을 증가시키고 효율과 토크에 영향 줌. 특히, 유도기에서는 코깅이나 클러링 현상을 유발

바. 전압 불평형의 영향

수용가들은 3상 유도전동기나 3상 전기로 등 3상 부하를 제외하면 거의 단상 부하를 사용하기 때문에 각상의 부하들의 크기와 역률이 다르게 되어 전압 불평형이 된다. 이와 같은 전압, 전류의 불평형은 설비의 이용률을 저하시키고, 평형 3상 전력회로에 역상 및 영상 전류가 흐르게 하여 전압왜형을 일으켜 전력품질이 나빠진다. 3상 부하에서 역상분 전압은 불평형 전압이 된다. 3상 유도전동기의 경우 3.5%의 전압 불평형에서 역상 토크가 발생하고, 중형 유도전동기는 약 15%의 출력감소와 10% 이상의 온도상승, 그리고 4% 정도의 손실이 발생한다.

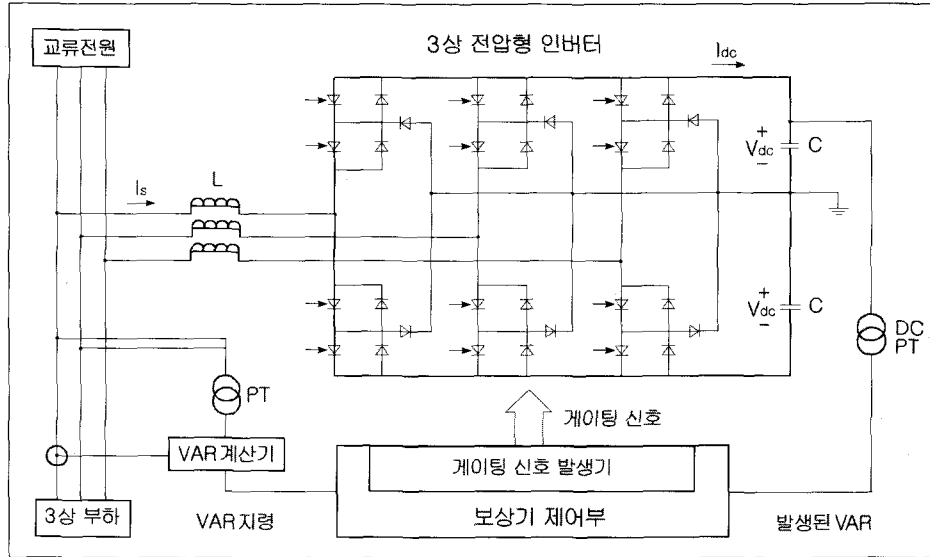
사. 전압변동(Voltage Fluctuation, Flicker)의 영향

정상운전상태에서 발생하는 부하전류의 크기가 연속적으로 빠르게 변화하므로 발생하는 0.9~1.1pu 범위의 전압변동이나 플리커는 TV의 화면과 조명기의 빛이 떨림을 일으키며, 컴퓨터와 정밀부하에도 악영향을 미친다.

6. 품질향상 방법과 특징

가. 방법

- ① 고성능 Capacitor Bank나 분산 제어식 Capacitor Bank를 사용하여 역률을 보상하는 법
- ② Thyristor를 사용한 TCSC(Thyristor Control Series Condenser), TCS(Thyristor Control



〈그림 2〉 인버터형 무효전력 보상기 시스템

- Shifter), TCR(Thyristor Control Reactor)으로 무효전력을 보상하는 법
- ③ GTO를 사용한 SVC(Static Var Compensator)로 무효전력을 보상하고 평형 안정전원을 공급하는 법. (7, 8, 9)
- ④ 전압 불평형, 고조파 함유, 전압변동, 전압이도, 전압 용기, 전압저지 등을 개선하기 위해 그림 2와 같은 IGBT를 사용한 병렬식 STATCOM(Static Synchronous Compensator)과 직렬식 SAGCOM(Sag Compensator), 그리고 STATCOM과 SAGCOM의 일체형 UPFC(Unified Power Flow Controller)으로 부하에 평형되고 고조파가 제거된 그리고 이도, 용기, 역률을 보상하여 정전압을 공급하는 법. (10-13)

나. 특징

(1) 고정 캐패시터 뱅크

산업용 부하의 역률개선 효과는 있으나 캐패시터 뱅크

의 잔류전하의 방전, 고조파 발생에 의한 파형의 일그러짐, 개폐시 과도한 유입전류, 이상전압 발생, 느린 응답과 낮은 신뢰성 등의 문제점이 있다.

(2) Thyristor Valve 방식

무효전력의 진상과 지상 중 한쪽의 보상만 가능하고 응답이 비연속적이며 스위칭 소자, 큰 캐패시터, 인덕터 뱅크가 필요하여 비경제적이다. 그리고, 일일 중 시간대별 역률 변화가 불특정하게 변하기 때문에 콘덴서 보상 방식은 역률관리에 한계가 있다.

(3) 인버터형 무효전력 보상기

GTO를 사용한 인버터형 무효전력보상기는 GTO의 스위칭시 발생하는 서지전압을 억제하기 위해 스너비 회로를 설치해야 하므로 회로가 복잡하고 필터와 리액티브 소자의 크기가 커진다. 그리고, 스위칭 주파수가 크고 순방향 전압강하를 아주 작게 낮출 수 있는 IGBT를 이용한 인버터형 무효전력 보상기는 필터의 크기를 작게 할 수 있고 최적의 PWM 패턴을 이용하여 무효 에너지 저

장소자의 크기를 적게 할 수 있어 개발되고 있다.

7. 맺음말

IT 산업을 국운 산업으로 육성하는 우리 나라에서는 디지털 문화가 빠르게 확산되고 있다. 그리고 다양한 산업사회는 정밀화, 고기능화 되어 가고 있다. 이와 같은 시대 상황에서 가장 기본적으로 요구되는 것이 전기에너지의 중단 없는 공급과 효율적인 이용, 그리고 양질의 전력 품질이다.

이와 같이 고품질의 전력이 부족함 없이 요구되는 시대와 사회에서 순간정전이나 전력외란으로 입는 피해가 정확하게 파악되지 않았지만 엄청나게 클 것으로 추정되며, 앞으로 더욱 많아질 것으로 판단하여 수용가 중심으로 특

정 부하를 예로 들어 전력품질 향상의 필요성을 제시했다. 그리고, 전력품질에 대한 정의와 용어를 정리하였으며, 각종 전력외란의 분류와 발생원인, 기본 특성을 정리하였다. 각 학술단체에서 제시한 전력품질 기준을 조사하였으며 아직 특별한 기준 마련이 없는 우리 나라에서도 IT 산업 육성을 위해 반드시 그리고 시급히 마련해야 함을 밝혔다.

또, 각종 전력외란이 부하에 미칠 수 있는 영향을 분석 제시하고 이와 같은 영향으로부터 보호하기 위한 Capacitor Bank식, Thyristor를 사용한 무효전력 보상법, GTO를 사용한 SVC, IGBT를 사용한 STATCOM 등의 장단점을 밝혔다. 그리고, 앞으로 수용가에 양질의 전력을 공급하기 위해 STATCOM과 SAGCOM의 일체형인 UPFC의 실용화가 요구됨을 제시하였다. ❑

〈참고문헌〉

- (1) 김홍권, "순간전압강하 보상기의 제어 및 설계", 충남대학교 산업대학원 석사학위논문, 2000. 8
- (2) 과학기술처, 한국전력공사 보고서, "FACTS 연구기획사업", 1991
- (3) 과학기술처, 한국전기연구소, "FACTS 기본기술개발에 관한 연구", 1995
- (4) 한국전력공사, 한국과학기술원, "33kV, 1MVAR Static Var Compensator 개발", 1995
- (5) 이은웅, "STATCOM을 이용한 수용가의 역할 개선과 무효전력 불평형 보상", 기초전력공학공동연구소 보고서, 1999. 3
- (6) 대한전기학회 특집, "경쟁체제하에서의 전력시스템의 신뢰도 평가", 대한전기학회지 Vol. 50, No. 3, pp.3~31, 2001. 3
- (7) 이은웅, 임수생, "SVC 시스템을 사용한 무효전력보상", 전기기술인 통권 184호, pp.15~20, 1997. 12
- (8) 이은웅 외 3인, "NPC 인버터를 이용한 3상 동기형 SVC의 해석 및 설계", 대한전기학회 '97 추계학술대회 논문집, pp.42~45, 1997. 11
- (9) Luis T.Moran 외 2인, "Analysis and Resign of a Three-phase Synchronous Solid-state Var Compensator", IEEE Trans. on Ind. Appl. Vol. 25, No. 4, pp.598-608, Aug., 1989
- (10) 임수생, 이은웅, 최재영, 김홍권, "수용가용 STATCOM을 이용한 3상 유도전동기의 이론적 역률보상", 대한전기학회 논문지, Vol. 49B, No. 7, pp.475~482, 2000. 7
- (11) 임수생, 이은웅, 김홍권, "불평형 부하의 평평화를 위한 STATCOM 제어", 대한전기학회 논문지 Vol. 49B, No. 8, pp.522~528, 2000. 8
- (12) 임수생, 이은웅, 최재영, 김홍권, "수용가용 STATCOM을 이용한 3상 유도전동기의 이론적인 역률보상", 대한전기학회 논문지, Vol.49. B, No.7, pp.475~482, 2000. 7
- (13) 임수생, 이은웅, 김홍권, "불평형 부하의 평평화를 위한 STATCOM 제어", 대한전기학회 논문지, Vol.49. B, No.8, pp.522~528, 2000. 8