2001년도 대한전기학회 전기기기 및 에너지변환시스템학회 춘계학술대회 논문집(2001.4.19~21)

전력 품질의 개념 정립과 국제 표준 비교

임수생* · 이은웅* · 손홍관** · 조현길*** · 정종호* · 김준호*
충남대학교*, 한국전기연구원**, LG산전***

The Concept and International Standards of Power Quality

Lim, Su-Saeng · Lee, Eun-Woong · Sohn, Hong-Kwan · Joh, Hyun-Kil · Jeong, Jong-Ho · Kim, Jun-Ho
Chungnam Nat'l Univ.*, KERI**, LG Industrial Systems Co.***

Abstract - The dependence of modern life upon the continuous supply of electrical energy makes system reliability and power quality topics of the utmost importance in the power systems.

Power quality is the combination of voltage quality and current quality. But in this paper, voltage quality and harmonic distortion are focused. Transient phenomena and current quality are not included.

Voltage quality is split into voltage sags, voltage swells, and short interruptions. These voltage variations are studied on their definitions, origins, the effect on electric equipment. Related industrial standards and guidelines are summarized.

Harmonic voltage and current distortion are strongly linked. The concepts and contributions of harmonic distortions are studied. Typical symptoms of harmonic problems and a summary of the trends and guidelines are given.

1. 서 론

전력계통의 규모가 커지고 복잡해짐으로써 낙뢰 또는 한 지점의 고장 사고가 계통 전체로 파급되는 것을 대비하고, 전력 조류와 전압안정도을 제어하기 위해 전력계통에 FACTS등과 같은 전력전자 설비가 설치되는 것이 보편화되고 있으며 전자제품의 보급과 디지털 문화의 확산으로 고품질의 전력의 필요성에 대한 인식이 일반 수용가까지 확산되고 있다.

하지만, 전력 품질에 대해 국내 연구는 간헐적으로 수행되고 있고 아직까지도 전력품질에 대한 용어정립도 되어 있지 않은 실정이다.

본 논문에서는 전력 품질을 전압 품질과 고조파 왜곡으로 구분한다. 전압 품질은 전압이도, 전압융기와 단기정전을 중심으로 각 개념을 정립하고 발생원인, 결과와 전기 설비에 미치는 영향을 규명하였고 관련된 국제 표준을 비교검토하였다.

고조파 왜곡은 고조파 전압 왜곡과 고조파 전류 왜곡으로 구분한다. 고조파 왜곡의 발생원인을 제시하고 전기기기에 미치는 영향을 요약하였으며 소규모 수용가, 중/대규모 산업설비 및 전력 계통에서 고조파에 관련된 고려사항을 제시하였다. 그리고 관련된 국제표준을 요약정리하였다.

2. 전압 품질

전원 교란은 전원 전압의 순간적인 변동을 말하는데 설비의 오동작 또는 고장을 일으킬 수 있다. 비상발전기로 부하에 전력을 공급할 때 수용가의 부하와 발전이 조화되지 않으면 주파수 변동이 발생할 수 있다. 하지만, 수용가가 비교적 일정한 전력회사의 배전 계통에 연결되어 있다면, 주파수 변동은 그리 문제가 되지 않는다. 따라서, 본 논문에서는 전압 품질중에서 대표적인 전압융기, 전압이도, 정전의 개념을 정립하고 관련된 국제 표준을 요약하였다.

2.1 전압이도 (Voltage Sag , Voltage Dip)

전압이도란 전력 계통의 한 점에서 전압 진폭이 정격치의 10% ~ 90%으로 갑작스럽게 감소하여 ½ 싸이클에서 수초동안 지속되는 것을 말한다. ½ 싸이클 미만의 전압 강하는 과도(transient)로 간주한다.

전압이도은 전력계통에서 낙뢰 또는 계통 고장으로 인해 개폐기가 동작할 때 주로 발생하고 계통의 순간적인 과부하나 대형 전동기의 기동이 원인이 되기도 한다. 전동기 기동으로 인한 전압이도는 고장회로에 의한 것보다 오래 지속되지만 진폭 강하는 작은 특성을 보인다.

전압이도는 방전등의 점멸, 제어 장비의 오동작, 전동기 속도의 갑작스런 변동 또는 정지, 강제전류형 인버터의 전류 실패, 전자 접촉기의 트립, 컴퓨터 시스템의 리부팅 등을 일으킬 수 있다. 전압이도가 주요 전기장치에 미치는 영향을 요약하면 아래와 같다.

1) 산업 현장에서 전압 강하에 가장 민감한 설비는 고압 방전등(HID)이다. HID등은 1싸이클미만의 정격치의 85% ~ 90%정도의 전압에서 점멸되어 재점등되기까지 수 분이 걸린다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 HID등에 순간 재점등 장치를 갖추어야 한다.

2) 플랜트에서 제조공정을 제어하기 위해 많이 사용되는 PLC는 정격치의 80% ~ 85%에 이르는 전압에서 생산라인을 정지시킬 수 있다. 무정전전원공급장치(UPS) 등을 설치하여 PLC의 안정된 전원 전압을 보장함으로써 개선될 수 있다.

3) 일반적으로 DC 또는 AC 구동 드라이브는 +10% ~ -5% 또는 -15%의 전압 변동에서 원활한 작동이 가능하도록 설계된다. 이 범위를 벗어날 경우 구동 드라이브는 회전 속도 또는 프로세서의 주요 인자들을 유지할 수 없게 되거나 정지될 수 있다. 하지만, 전동기의 회전 관성 때문에 그 영향이 줄어들게 된다. 만일 프로세스가 과도 조건에 둔감하다면, 구동 드라이브에 자동 재시동 운전 기능을 갖추면 될 것이다.

4) 전자접촉기의 코일은 대개 1 ~ 5 싸이클 지속의 50% ~ 70%의 전압 범위에서 소실된다. 소실을 방지하기 위해서는 코일에 순간 전압 안정을 위한 설비를 갖추어야 한다.

2.2 전압융기 (Voltage Swell ,Temporary Overvoltage)

전압 융기는 기본 주파수의 1싸이클 미만으로 지속되는 전압 실효치값의 상승을 의미하며, 때때로 전압 이도를 동반할 때도 있다. 전압 융기의 요인으로는 낙뢰, 전력 계통 설비의 스위칭, 간헐적인 고장 또는 느슨한 접

속상태로 인한 아크 등을 들 수 있다.

전압 융기가 발생하면 전기 제어 장비와 가변속 구동 장치는 내부 보호장치에 의해 트립되게 된다. 또한 전압 융기는 전자 소자에 스트레스를 가하고 수명을 단축시킨다.

전압 융기가 일반 전기설비에 미치는 영향을 요약하면 아래와 같다.

1) 상용 전력 설비는 정격 최대전압의 수배의 순간적인 과전압을 견디도록 설계된다. 또한, 써지 어레스터 또는 써지 커패시터를 설치하여 전력설비의 과전압 허용치를 초과하지 않도록 하고 있다.

2) 하지만, 대부분의 전자 설비들은 상용 전력 설비와 같은 과전압 허용치를 갖출 수 없다. 써지 어레스터가 정격 최대전압의 2 ~ 3배 이내로 경감시킴에도 불구하고 전자 장비를 보호할 수 는 없다. 만약 적절한 보호가 이루어지지 않으면, 전자 장비의 소손 또는 오동작을 초래할 수 있다. 전자 설비를 보호하기 위해서는 비선형 저항성 써지 어레스터 또는 직렬 리액터나 병렬 커패시터와 결합된 써지 어레스터를 사용해야 한다.

3) 전력 계통이나 플랜트에서 커패시터 뱅크의 스위칭이 일부 플랜트 설비의 오동작을 초래하기도 한다. 커패시터 뱅크의 스위칭은 소규모 ac 구동 드라이브의 트리핑 문제를 일으키는 요인으로 알려져 있다. 많은 소규모 ac 구동 드라이브는 1싸이클 미만의 10% ~ 20%의 과전압에서 트리핑되도록 설계되어 있다. 1일 동안에 전력 계통에 설치된 커패시터 뱅크들이 여러번 접속/탈락을 반복하기 때문에, 구동 드라이브의 트리핑 문제는 매우 빈번히 발생하게 된다. 이런 트리핑 문제을 해결하기 위해서는 민감성 부하와 직렬로 리액터를 삽입하거나 구동 드라이브의 트리핑 특성을 재고려해야 한다.

2.3 단기 정전 (Short Interruption, Momentary Interruption)

단기 정전은 수용가 또는 설비 단자에서의 전압이 0으로 떨어져서 자동으로 회복되는 것을 말하며 100% 강하폭을 가지는 전압 이도로 간주할 수 있다. 단기 정전의 원인은 장기 정전(통상적인 정전)과 같이 보호 장치에 의한 고장 제거, 부정확한 보호 협조 체계 등을 들 수 있다. 고장을 제거한 후 개폐기가 리클로징하거나 건전한 모선쪽으로 스위칭함으로써 자동 복귀가 이루어 진다.

단기정전동안 전원전압이 0이 된다. 즉, 설비에 전혀 전력이 공급되지 않는다. 수초동안의 전력 공급의 부재는 나아가 제조 프로세스의 붕괴, 전산 설비의 시스템 트리핑시킨다.

단기 정전이 대표적인 전기설비에 미치는 영향은 아래와 같다.

1) 단기 정전이 발생하면 유도전동기의 회전 속도는 떨어진다. 부하를 포함한 유도전동기의 시정수는 1 ~ 10초 범위이다. 수초 동안의 정전 시간내에 유도전동기가 정지상태에 이르지 않지만 상당히 저속으로 회전한다. 전동기 속도의 감소는 공정 프로세스를 혼란시켜서 결국 제어 시스템은 전동기를 트리핑시키게 된다. 한편, 부족전압 보호기를 적절히 설정하여 전압이 회복되기 전에 전동기를 트립하지 않도록 하게 할 수 있다.

2) 가변속 구동장치는 전압이도의 경우에서처럼 단기 정전에 매우 민감하다. 대부분 가변속 구동장치는 1초이내에(심한 경우 1싸이클이내) 트립된다. 최근의 구동장치 설비는 전압이 회복되는 순간 자동으로 재연결된다. 하지만, 구동장치가 수초 동안 전원으로 분리되어 있는 동안 구동장치 후단의 프로세스는 혼란되어 종종 재연결이 의미없게 된다.

3) 리클로징 시간동안 전자 장비는 쉽게 트립된다. 이것은 소위 "blinking-clock syndrome"을 일으킨다. 비디오 녹화기, 전자 렌지와 전자 알람의 클락을 정지되어 수동 리셋이 필요하게 된다. 흔히 회로내부에 소용량 충전 배터리를 삽입하여 단기 정전기간동안 내부 메모리에 전기를 공급하는 방법이 쓰인다.

컴퓨터나 프로세스 제어 장비 역시 기본적으로 같은 문제점을 가지고 있는데 보다 복잡한 재충전 회로를 사용한다. 또한 단기정전에 대한 대책으로 UPS를 많이 사용하고 있다.

2.4 국제 표준

전원 교란은 1970년대 이후 전력 계통을 설계하는데 주요 인자가 되었다. 하지만, 전력 계통의 전역에 걸쳐 컴퓨터 제어가 보편화된지 몇 년이 되지 않는다. 따라서, 소수의 규격만이 순간적인 전압 품질을 정의하고 있고, 계속 규격 제정작업이 진행되고 있다. 전압 이도와 단기 정전은 IEC 61000-2-1 규격[1]에 포함되어 있지만, 전압 융기는 IEEE 1159[2]에만 소개되어 있다.

전압 품질과 관련된 주요 규격을 요약하면 다음과 같다.

1) 정상상태 전압 변동은 ANSI C84.1-1989 규격[3]에 정의된다. 600V이하의 계통에서 공칭 서비스 전압은 정격치의 ±5%이하, 단기간동안 정격치의 +5.8% ~ -8.3%의 변동폭으로 제한하고 있다.

2) IEC 61000-2-1 규격에 의하면 전압이도란 계통 공칭 전압의 10% ~ 99% 범위의 전압 강하 △V가 ½ 싸이클 ~ 수 초동안 지속되는 것을 의미하고 단기정전은 100% 강하폭의 전압이도로 간주된다.

IEC 규격에서 전압이도와 단기정전의 원인은 아래와 같다.

① 저압계통에서 수 백밀리초이내에 퓨즈 소호를 일으키는 단락회로
② 고압계통에서 100~600㎳의 자동 리클로징을 유발하는 고장 사고
③ 대용량 부하(전동기, 커패시터 뱅크)의 스위칭

3) IEEE 1159 규격에서는 전압품질을 지속시간에 따라 ½사이클~1분이내의 단기 교란(short-duration variation)과 1분이상 지속되는 장기 교란(long-duration variation)으로 구분한다. 단기 교란은 찰나(instantaneous) 교란, 순간(momentary) 교란, 일시(temporary) 교란으로 세분할 수 있다. 여기서 지속시간은 보호 설비의 동작 시간과 조화되도록 선정된다. 전압 변동폭은 전압 안정 한계치로 주로 사용되는 계통 공칭값의 ± 10%이상으로 정의된다. 1분 이상 지속되는 전압 강하와 전압 상승은 장기 부족전압(long-duration undervoltage)과 장기 과전압(long-duration overvoltage)이라 명명한다.

단기 교란은 대부분 고장 조건, 큰 전류를 필요로 하는 대형 부하의 여자, 또는 전력선의 간헐적인 느슨한 접속 상태 때문에 발생한다.

4) UIE-DWG-2-92-D 기준[4]는 산업용 설비가 발생하는 전압이도의 빈도 수와 특성에 대한 정보를 얻기 위한 측정법을 제시하고 있다. 측정법의 목적은 교란을 유발하는 특정 부하와 교란을 겪고 있는 설비를 선별하고 기술하는데 있다. 따라서, UIE 기준은 플랜트의 내부 및 외부에 설치된 민감성 설비에 대한 면역(immunity) 수준을 설정하는 데 중요한 자료로 사용될 수 있다.

5) CBEMA 곡선[5]은 정전, 전압이도 및 전압융기와 관련하여 전력 계통의 전압 품질을 평가하는데 이용될 수 있다. CBEMA 곡선에서 전원 전압의 변화량을 알아봄으로써 전력 계통에서 가장 민감한 설비인 전자

설비들을 운용하기에 신뢰할 만한지 여부를 판단할 수 있다.

CBEMA 곡선은 전력계통에서 전압 변동의 진폭과 지속시간을 나타낸다. 곡선의 양 쪽사이의 지역은 전자 장비의 동작을 신뢰할 수 있는 허용 경계영역이다.

6) 플리커에 관한 사항은 IEEE 519-1992 규격[6]의 10.5절에 나와 있다. 플리커를 발생하는 주요 설비로는 아크로를 들 수 있는데 플리커 전압은 일반적으로 변동폭이 0.5% ~ 6%범위이며 10/초 ~ 1/시간의 빈도로 발생한다.

3. 고조파 왜곡(Harmonic Distortion)

전력계통에서 전원전압의 실제 파형은 정확히 순수 정현파가 되지 않는다. 한 파형을 주기적이라 가정한 경우 그 파형은 기본 주파수의 정수배가 되는 주파수를 가진 정현파의 합으로 표현할 수 있다. 이런 현상을 "고조파 전압 왜곡(harmonic voltage distortion)" 또는 간단히 "고조파 왜곡"이라 한다.

고조파 전압 왜곡은 아래의 3가지 원인에 기인한다.

1) 동기기가 이상적인 형상으로부터 매우 경미한 편차로 인한 구조적인 이유로, 동기기의 발전전압이 정확히 정현적이 못하다. 하지만, 발전전압의 고조파 왜곡에의 기여는 작은 수준이다.

2) 발전소로부터 부하단까지 전기에너지를 전달하는 전력 계통이 완벽히 선형적인 것은 아니다. 대표적으로 전력 변압기를 들 수 있는데, 변압기 철심의 자기 포화 현상으로 인해 비선형성이 증가하게 된다. 또한, 최근에 전력계통에 전력 조류와 전압 제어를 위해 FACTS(flexible ac transmission system)등과 같은 전력전자 설비들을 사용들을 널리 이용하기 시작하면서 계통이 유발하는 고조파 왜곡의 양은 증가하고 있다.

3) 대부분의 고조파 전압 왜곡은 수용가의 비선형 부하에 기인한다. 최근에 많은 전기/전자 장비들이 UPS, 인버터, SMPS 등과 같은 전력전자 컨버터로부터 전력을 공급받고 있는데 전력전자 컨버터는 스위칭 특성상 비정현파 전류를 유입한다. 수용가에서 발생한 고조파 전류는 고조파 전압 왜곡을 일으키고 나아가 계통전압을 비정현파 전압으로 왜곡시킨다.

고조파 전압 왜곡은 주로 비선형 부하전류에 인해 발생하므로, 고조파 전압 왜곡과 고조파 전류 왜곡은 상당히 밀접히 관련되어 있다. 고조파 전류 왜곡은 변압기와 전력 케이블 등과 같은 계통의 직렬 구성요소들을 과부하 상태로 만들 수 있다. 주파수에 따라 전력계통의 직렬 저항값이 증가하므로 왜곡된 전류는 같은 실효치의 정현파 전류보다 더 많은 손실을 유발한다.

고조파 왜곡은 비정상적인 전력퓨즈 소호, 예기치 못한 차단기 트립, 변압기와 전동기의 과열, 가변속 구동장치, 전자계전기 및 컴퓨터의 오동작을 초래한다. 고조파가 대표적인 전기기기에 미치는 영향을 요약하면 아래와 같다.

1) 회전기에서 고조파 왜곡은 동손이나 철손에 의해 손실 증가와 회전자 온도 상승을 유발하며 기기의 효율과 수명을 감소시키고, 기본 정현파의 90~95%까지로 회전기의 성능을 떨어뜨린다. 전동기에서 고조파전류의 유입은 소음 증가의 원인이 되고 공극 자속의 왜란을 일으켜 특히 유도기에서 Cogging이나 Crawling같은 이상현상을 유발할 수 있다. 또한 광섬유나 금속 응용분야와 같은 진동에 민감한 제조공정의 경우 출력토크의 맥동으로 인해 제품 품질을 악화시킬 수 있다.

2) 변압기에서 고조파 전류 왜곡은 동손과 표류손을 증가시키고, 고조파 전압 왜곡은 철손을 증가시켜 변압기를 가열시키게 된다. 또한, 고조파 왜곡은 진동 열손실을 일으켜 변압기의 소음을 증가시킨다.

더욱이 고조파 왜곡에 의해 야기된 변압기 손실은 주파수에 따라 증가하여 변압기를 더욱 가열시키게 된다. 일반적으로 고주파수의 고조파는 진폭의 크기가 작아 큰 영향을 미치지 못하고 사라지는 경향이 있지만, 실제 상황에서는 높은 주파수의 고조파가 큰 진폭을 가져 예기치 못한 문제를 일으킬 수 있다.

3) 고조파 전류가 통하는 전력 케이블은 쉽게 가열되고, 때때로 전력 케이블에 시스템 공진을 유발하여 전압 스트레스와 코로나가 발생하고 결국 절연 파괴에까지 이르기도 한다.

케이블 도체내에 비정현파 전류의 유입은 표피효과와 근접효과때문에 추가적인 케이블 온도상승 가열과 파형의 왜형을 가져온다.

4) 고조파 왜곡에 가장 민감한 장비는 전자 장비인데 고조파 왜곡은 전자장비를 쉽게 오동작시킨다. 고조파 왜곡은 전압영점의 교차점을 천이시키고 다른 상보다 훨씬 큰 상전압을 유기시켜서 전자장비를 오동작시킨다.

또한, 전자장비는 전원 고조파의 유입 또는 장비로부터 나온 고조파 전류의 자기적 결합에 의해 영향을 받을 수 있다. 특히, 컴퓨터 등 제어 설비에서는 5%이하의 허용 고조파왜곡률을 갖고, 최대 단일 고조파가 기본파 전압의 3%이하가 되도록 대부분 요구하고 있다.

고조파 왜곡은 비디오, 오디오, 라디오나 텔레비젼에서 전자 간섭을 일으키기도 한다. 대부분의 전자장비들이 전압레벨이 낮기 때문에, 라디오주파수(radio frequency:RF)범위의 전압노칭(voltage notching)에 논리 또는 정류회로내에서 신호 간섭을 일으키는 등 매우 민감하다.

수용가의 종류에 따라 고조파 관련 사항을 정리하면 아래와 같다.

3.1 소규모 사무 및 상업 수용가

소규모 사무 및 상업용 빌딩은 주로 4선식 Y결선 전원으로부터 전력을 공급받는 단상 장비들로 구성되어 있다. 1980년대 후반 개인용 컴퓨터의 보급과 SMPS의 출현으로 소규모 수용가 장비의 상당 부분이 원천적으로 비선형 특성을 갖는다. 일반적으로 단상 장비의 전류 파형은 3, 5, 7, 9, 11, 13 … 등의 기수 고조파를 함유하게 된다. 소규모 수용가의 경우 아래의 항목을 고려해야 한다.

1) 부하 평형 조건에서도, 3배수 고조파는 중성선 도체에 흐르게 된다. 특히, 3차 고조파는 나머지 3배수 고조파보다 훨씬 크다. 따라서 상당히 큰 중성선 전류 때문에 상도체보다 2배정도 용량의 도체를 사용해야 한다.

2) △-Y 접지된 전원 변압기를 사용하면 3차 고조파 전류의 상당량을 차단할 수 있고 3배수 고조파가 고압측으로 유입하는 것을 막을 수 있다.

3) 높은 고조파 전류를 감당하도록 변압기 용량을 설정할 필요가 있는데, K인자 정격 변압기를 주로 이용한다.

4) 또한, 전원으로부터 오는 고조파를 줄이기 위해 부하단에 고조파 필터를 설치할 수 있다. 고조파 필터를 설치함으로써 변압기의 K인자 용량과 중성선 조건을 완화시킬 수 있다.

3.2 중/대규모 산업용 설비

중/대규모 산업용 설비는 교류 전동기 드라이브, 직류 전동기 드라이브, 정류 설비, 전력제어 가열설비 등과 같은 대부분 3상 부하로 구성된다. 연속적인 3상 부하의 전류 고조파는 3배수를 제외한 기수 고조파(즉, 5, 7, 11, 13, …)이다. 중/대규모 산업 설비의 고려사항

을 아래에 요약하였다.

1) 소규모 사무 및 상업용 수용가와 달리, 3차 고조파 중성선 전류 문제는 고려할 필요가 없다.

2) 소용량 3펄스 컨버터 설비는 우수 고조파(2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, …)를 발생하고 직류성분이 변압기를 심각하게 가열시키므로 매우 드물게 사용된다.

3) 고조파 발생원 부하의 용량이 전력 변압기의 용량의 30%이내인 경우, 고조파 왜곡은 변압기 2차측에서 일반적으로 5%미만이 된다.

4) 고조파 왜곡이 심한 고압 및 저압 설비의 경우, 필터 커패시터 뱅크를 설치하여 고조파 왜곡을 감소시킬 수 있다. 주로 5차 고조파 필터가 가장 많이 사용된다.

3.3 전력 계통

대부분 고조파 왜곡의 발생은 수용가의 비선형성 부하 설비에 기인한다. 전력계통에서 고조파 고려사항을 요약하면 아래와 같다.

1) 고조파 왜곡은 계통보다 수용가에서 훨씬 심하다. 따라서, 고조파 관련 문제는 대부분 수용가 설비에서 발생한다.

2) 단상 대용량 수용가 또는 고조파 발생 부하가 없는 경우, 배전 모선에 소규모 커패시터 뱅크를 분산배치하는 것이 유리하다.

3) 한 수용가에서 만들어진 고조파가 동일 배전계통으로부터 공급받는 다른 수용가에 문제를 일으킬 가능성이 있다. 이런 문제는 종종 커패시터 뱅크와의 공진과 관련된다. 공진을 막기 위해서는 고조파 발생원에 대책을 세우거나 공진 가능성이 있는 커패시터에 적절한 조치를 취해야 한다.

3.4 국제 표준

1960년대까지 고조파는 전력계통 설계시 별로 고려되지 않았다. 1957년 SCR(silicon controlled rectifier)의 발명으로 인해 전력 계통에 많은 전력전자 설비들의 설치가 계속 증가하면서 약 20여년전부터 산업 표준에 고조파의 영향을 고려되기 시작하였고 앞으로도 더욱 보편화될 것이다. 고조파 왜곡에 관련된 주요 국제표준을 아래와 같이 요약하였다.

1) IEEE 519 표준이 1981년에 처음 발표되었다. IEEE 519 표준은 처음으로 계통 고조파 제한에 대한 가이드라인을 제시한 것으로 69kV계통에서 고조파 전압 왜곡이 5% 이내로 유지되도록 하고 있다. 1992년 개정된 IEEE 519:1992 표준[6]에서는 수용가단에서 전류 고조파왜곡을 수용가 규모와 계통 전압에 따라 2.5%~20%내로 제한하도록 권장하고 있다.

IEEE 519:1992 표준은 고조파 주요 발생원을 밝히고 있고 (전력컨버터, 아크로, 정지형 무효전력 보상기, 사이클로 컨버터, SMPS, PWM 드라이브), 발생원에 따라 전형적인 왜곡파형, 고조파 차수, 각 고조파 성분의 크기를 제시하고 있다. 고조파 왜곡이 전력계통과 여러 전기설비/부하 동작에 미치는 영향을 기술하고 있다. 또한, 고조파 왜곡을 측정하고 분석하는 방법을 설명하고 전력 계통에서 고조파 왜곡을 억제하기 위한 유도성 보상법을 제시하고 있다.

2) IEC 61000-2-1 표준은 고조파를 계통 주파수(50Hz 또는 60Hz)의 배수가 되는 주파수를 가진 정현파 전압 또는 정현파 전류로 정의하고 있다.

이 IEC 61000-2-1 표준은 고조파 발생원을 전력계통, 산업용 부하, 주거용 부하의 3가지 범주로 구분하고 있다.

① 전력 계통에서 변압기 철심의 포화가 주요 고조파 발생원인이며, 또한 늘어나는 FACTS설비도 고조파 왜곡에 더욱 기여할 것이다.

② 산업용 부하중에서 정지형 전력 컨버터가 가장 고조파 오염이 심하고 유도가열로와 아크로 또한 고조파 왜곡에 상당한 기여를 한다.

③ 주거용 고조파 발생원으로서 큰 용량의 커패시터를 정류회로를 내장한 PC또는 TV 수신기등을 들고 있다.

3) IEC 표준중에서 주요 고조파 규격인 IEC 61000-4-7:1993[7]는 전력 계통에서 고조파 왜곡을 측정하기 위한 방법을 제시한다. 고조파를 다음과 같이 3개의 범주로 구분한다.

ⓐ 준안정 (Quasi-stationary)
ⓑ 유 동 (Fluctuating)
ⓒ 돌 발 (Rapidly changing)

이 IEC 61000-4-7 표준은 시간영역과 주파수영역에서의 고조파 분석법을 기술한다. 50차이내의 고조파 측정을 대부분 권장되고 몇몇의 경우 100차 고조파까지 측정하도록 하고 있다.

4. 결 론

전력 품질을 전압 품질과 고조파 왜곡을 중심으로 기본 개념을 정립하고 관련 국제표준을 비교 제시하였다. 산업용 수용가에서 가장 문제가 심각한 전력 품질 문제은 전압 이도이다. 전압이도는 지속시간 동안 전압이 0이 되진 않지만 상당히 낮은 값이고 또한 전체 사고의 87% 이상을 차지한다. 또한 최근에 전력 계통에 FACTS 설비를 사용하고 수용가 전원방식이 UPS, SMPS 등과 같은 전력전자 전원방식으로 바뀌어 가고 있어 수용가와 전력 계통 모두 고조파 오염이 더욱더 심각해지고 있다.

앞으로 전력 품질중에서 역률, 부하 불평형와 같은 전류 품질문제와 ½싸이클 이내의 과도로 분류되는 전압 노칭 및 플리커 전압 등에 대한 개념 정립과 기본 연구가 필요하다.

또한, 전력 품질을 개별적인 항목으로 수치화하기 보다는 전압 품질, 전류 품질, 고조파 왜곡 및 과도등이 수용가와 전력계통에 미치는 영향을 종합적으로 고려한 전력 품질 환경에 대한 연구도 진행되야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] EMC, Part 4: Limits, Section 7:General Guide on Harmonics and Inter-harmonics Measurements and Instrumentation, for Power Supply System and Equipment Connected Thereto, IEC 61000-4-7, 1993.

[2] IEEE Recommended Practice on Monitoring Electric Power Quality, IEEE 1159, 1995.

[3] ANSI Standard for Electric Power Systems and Equipment-Voltage Rating (60Hertz), ANSI Standard C84.1, 1989.

[4] UIE Guide to Measurements of Voltage Dips and Short Interruptions Occurring in Industrial Installations, UIE-DWG-2-92-D

[5] Federal Information Processing Standards Publication 94: Guideline on Electrical Power for ADP Installations, National Technical Information Service, 1983.

[6] IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power System, ANSI/IEEE 519, 1992.

[7] EMC, Part 2: Environment, Section 1: Description of the Environment - Electromagnetic Environment for Low-Frequency Conducted Disturbances and Signalling in Public Power Supply Systems, IEC 61000-2-1, 1990.