기술해설

국제기준에 의한 전력품질의 분류

유재근〈한국전기안전공사 부설 전기안전연구원 선임연구원〉

1. 서 론

순간전압강하 및 상승, 순간정전, 고조파 등의 전력품질(Power Quality : PQ) 문제는 부하설비의 다양화, 스위칭 방식을 이용하는 전력전자기기의 사용 증가로 인해 점점 복잡해지고 다양해지고 있다. 전력품질 문제는 설비사고를 유발하고 정전 등의 파급사고로 이어져 그 피해 비용은 엄청날 수밖에 없다. 이러한 이유로 전기설비 안전진단 항목 또는 엔지니어링 사업에 있어 전력품질 문제의 진단과 대책제시가 추가되었고 수용가에 비용지불을 요청하게 된다. 그러나 산업계에서는 전력품질 문제에 대한 기업주의 인식부족 및 비용문제 등으로 인하여 문제가 당장 있을지 없을지 명확하지 않는 사항(전력품질 문제)에 대해 비용지불을 꺼릴 수밖에 없다. 따라서 가장 시급한 문제는 국제 기준에 따른 전력품질 문제의 정확한 이해를 통해 기업주 및 관련 기술자의 인식전환이 필요할 것이다. 본고에서는 전력품질이 발생하는 현상과 환경에 대해 가장 보편적으로 사용되고 있는 국제기준인 IEC(International Electrotechnical Commission)의 EMC(Electromagnetic Compatibility) 시리즈 와 IEEE 1159에 설명된 전력품질의 분류와 기업주의 전기설비투자를 유도하기 위한 전력품질 문제에 대한 접근방식을 알아보도록 한다.

2. 국제기준의 개발

전력품질 관련 기준 또는 가이드라인을 작성하는 것으로 알려져 있는 국제 위원회는 제네바에 위치에 있는 IEC이다. IEC는 전력품질 문제를 다루는 전자기 양립성(EMC) 기준들을 시리즈 형태로 개발하여 정의해왔다. 이 시리즈는 표 1과 같이 여러 부분으로 구별되어 발행되고 있고 다수의 내용이 각 개별국가의 기준 또는 가이드라인에 포함되어 자국의 기준을 개발하였다. 이러한 전력품질 관련 기준 또는 가이드라인의 개발 주요목적은 다음과 같다.

① 전력품질 현상의 표현과 특성
② 전력품질 문제의 주요 발생원
③ 전력품질이 다른 설비나 전력시스템에 미치는 영향
④ 지수(Indices)를 이용한 현상의 수학적 표현 또는 전력품질 문제의 중요성의 양적인 평가를 제공하기 위한 통계적 분석
⑤ 전력품질 측정기술과 가이드라인
⑥ 여러 종류의 설비형태에 대한 방출 한계(Emission limits)
⑦ 여러 종류의 설비들의 내성(Immunity) 또는 허용(Tolerance) 수준
⑧ 전력품질 대책기술의 가이드라인

표 1. EMC 기준을 설명하기 위한 IEC 기준

규 격	주 요 내 용
일반사항 IEC 61000-1-x	○ EMC 문제에 대한 기본적인 원리에 대한 소개 ○ 기준에 사용되는 다양한 정의와 용어에 대한 설명
환경 IEC 61000-2-x	○ 설비가 사용될 환경의 특성의 묘사 및 분류 ○ 다양한 장애현상에 대한 적합성 레벨에 대한 가이드라인을 제공
허용한계 IEC 61000-3-x	○ 설비에 의해 발생된 장애에 대해 전력계통에서 허용될 수 있는 최대 수준을 정의 ○ EMC 장애에 대해 장비 민감도를 위한 대응 한계 제공
시험과 측정기술 IEC 61000-4-x	○ 전력품질 장애를 측정하고 모니터링하기 위한 장비의 설계에 대한 가이드라인을 제공 ○ 여러 가지 기준에 대한 시험 절차의 아우트라인을 제공
설치 및 해결 IEC 61000-5-x	○ EMC 장애에 대해 내량을 강화하고 방출을 최소화하기 위한 설치기술에 대한 가이드라인을 제공 ○ 전력품질문제의 해결을 위한 다양한 장치의 설명
일반기준 IEC 61000-6-x	○ 방출 제한과 내량 레벨

3. 전력품질 현상의 분류

전력품질이 발생하는 현상과 환경에 대해 가장 보편적으로 사용되는 기준은 IEC의 EMC 시리즈와 IEEE 1159이므로 이러한 기준들에 설명된 전력품질 현상을 살펴보도록 한다.

3.1 IEC 61000-2-5

IEC 61000-2-5는 모든 장애(Disturbance)를 표현하기 위해 다음의 세 가지 범주로 분류되어 있다[1].

① 저 주파수 현상들(〈9[kHz])
② 고 주파수 현상들(〉9[kHz])
③ 정전기적 방전(Electrostatic discharge : ESD) 현상들

각 현상들은 그들이 발생하는 매체에 따라 방사성(Radiated) 장애와 전도성(Conducted) 장애로 분류된다. 방사성 장애는 설비 주위의 매체에서 발생하는 것이고, 유도성 장애는 여러 가지 금속 매체에서 발생한다. IEC에서는 표 2와 같이 장애의 여러 가지 현상을 분류하였다.

비록 이러한 모든 현상들이 전력품질 문제로 간주될 수 있는지는 논쟁의 여지가 있지만 전력 산업계에서는 두 가지 유도성 범주가 전력품질을 구성한다는 것으로 일반적으로 받아들여지고 있다. 여기의 두 가지 범주에서 저주파와 고주파사이의 경계는 9[kHz]로써 가정되고 있다.

3.2 IEC 1159

IEEE 1159에서는 IEC에서 사용되는 용어와 관련하여 여러 가지 추가적인 용어들을 포함하여 전력품질 현상을 설명하고 있다[2]. IEEE 1159의 sags(순간전압강하)는 IEC의 dips과 같은 의미로 사용되고 있다. IEC에서 short interruptions(순간정전)을 정의한 것처럼 IEEE 1159에서는 short duration variations(순간 전압 변동)을 사용하여 dips을 설명하였고 swells(순간전압상승)은 sags(dips)의 반대 현상으로 소개된다.

IEEE 1159에서 노이즈는 광대역(Broad-band) 유도 현상으로 다루고 있고 파형왜곡(Waveform distortion)은 IEC의 고조파(Harmonics), 상호고조파(Inter-harmonics) 현상 뿐 만아니라 IEEE

표 2. IEC에 분류된 전자기적 장애현상의 분류

Conducted low-frequency Phenomena (유도성 저주파수 현상)	· Harmonics(고조파), Inter-harmonics(상호고조파) · Voltage fluctuations(전압변동) · Voltage dips and interruptions(순간전압강하 및 정전) · Voltage Unbalance(전압 불평형) · Power frequency variations(주파수 변동) · Induced low frequency voltages (유도성 저주파 전압) · d.c. in a.c. networks(교류 시스템에서 직류)
Radiated low-frequency Phenomena (방사성 저주파수 현상)	· Magnetic fields(자계) · Electric fields(전계)
Conducted high-frequency Phenomena (유도성 고주파수 현상)	· Induced CW(continuous wave) voltages or currents(유도성 전압 또는 전류) · Unidirectional transients(단방향 과도 현상) · Oscillatory transients(진동성 과도 현상)
Radiated high-frequency Phenomena (방사성 고주파수 현상)	· Magnetic fields(자계) · Electric fields(전계) · Electromagnetic fields(전자계) - Continuous waves(연속 파형) - Transients(과도 현상)
Electrostatic discharge phenomena(ESD) (정전기 방전현상)	

519에서 설명한 notching 현상을 더해 포괄적인 범위로 사용된다. IEEE 1159에서는 표 3과 같이 전력품질을 위해 사용된 전자기적 현상을 분류하고 있고 전자기적 현상의 각 범주를 위한 항목, 지속시간, 크기에 관한 정보를 제공하고 있다. 이러한 분류는 전자기적 장애현상을 명확히 설명하기 위한 수단으로 사용되며 전력품질 문제를 야기할 수 있는 전자기적 현상을 설명하고 전력시스템의 질을 분석하기 위해서는 매우 중요하다.

4. 전압 장애(Voltage disturbances)

전압장애는 정상상태 파형에서의 일시적인 이탈로서 소개되어 왔으나 여기서는 짧은 주기의 시간동안 기본주파수에서 시스템 전압 크기의 비 반복적인 변화를 설명하기 위해 사용된다. 이러한 장애현상은 고주파수 현상 또는 저주파수 현상으로 분류할 수 있으며 고주파수 현상은 과도현상(이하 transients)로 말할 수 있고 저주파수 현상은 순간전압강하(이하 voltage dips or sags), 순간정전(이하 interruptions)과 순간전압상승(이하 swells)로 분류된다.

4.1 고주파수 장애 : Transients

transients는 보통 전압 또는 전류 파형의 급격한 변화를 말한다. 때때로 서지(surge)라는 용어가 뇌에 의해 발생되는 과도현상을 설명하기 위해 사용된다. IEEE 100에서 transients를 "정상상태 동작조건에서 다른 상태로까지의 변화 동안 사라지는 변화의 일부분"으로 정의하고 있다[3]. 이러한 과도현상은 크기(Amplitude), 지속시간(Duration), 상승

표 3. IEEE 1159에 정의된 전력시스템의 전자기적 현상의 전형적 특성과 분류

분 류	특 성	지 속 시 간	전압 크기
1. Transients			
1.1 impulsive	5[ns] rise	〈 50[ns]	
1.1.1. Nanosecond	1[μs] rise	50[ns]~1[ms]	
1.1.2. Microsecond	0.1[ms] rise	〉 1[ms]	
1.1.3 Millisecond			
1.2 Oscillatory			
1.2.1 Low Frequency	〈 5[kHz]	0.3~50[ms]	0~4[p.u.]
1.2.2 Medium Frequency	5~500[kHz]	20[μs]	0~8[p.u.]
1.2.3 High Frequency	0.5~5[MHz]	5[μs]	0~4[p.u.]
2. Short-duration variations			
2.1 Instantaneous			
2.1.1 Sag		0.5~30[cycles]	0.1~0.9[p.u.]
2.1.2. Swell		0.5~30[cycles]	1.1~1.8[p.u.]
2.2 Momentary			
2.2.1 Interruption		0.5[cycles]~3[s]	〈 0.1[p.u.]
2.2.2 Sag		30[cycles]~3[s]	0.1~0.9[p.u.]
2.2.3 Swell		30[cycles]~3[s]	1.1~1.2[p.u.]
2.3 Temporary			
2.3.1 Interruption		3[s]~1[min]	〈 0.1[p.u.]
2.3.2 Sag		3[s]~1[mim]	0.1~0.9[p.u.]
2.3.3 Swell		3[s]~1[mim]	1.1~1.2[p.u.]
3. Long-duration variations			
3.1 Interruption, sustained		〉 1[min]	0.0[p.u.]
3.2 Under-voltages		〉 1[min]	0.8~0.9[p.u.]
3.3 Over-voltages		〉 1[min]	1.1~1.2[p.u.]
4. Voltage imbalance		steady state	0.5~2[%]
5. Waveform distortion			
5.1 d.c. offset		steady state	0~0.1[%]
5.2 Harmonics	0~100th	steady state	0~20[%]
5.3 Inter-harmonics	0~6[kHz]	steady state	0~2[%]
5.4 Notching		steady state	
5.5 Noise	Broad band	steady state	0~1[%]
6. Voltage fluctuation	〈 25[Hz]	intermittent	0.1~7[%]
7. Power frequency variations		〈 10[s]	

시간(Rise time), 발생주파수, 극성(Polarity) 등과 같은 많은 특성에 따라 분류될 수 있다.

4.1.1 IEC 61000-2-5

IEC 61000-2-5에서는 과도현상을 발생요인에

따라 단방향(이하 unidirectional)과 진동성(이하 oscillatory) 등의 두 가지 그룹으로 분류한다[2]. unidirectional transients는 극성에서 단방향이고 반면 oscillatory transients는 순간적인 값이 극성을 급격히 변화시킨다. 서지는 캐패시터 스위칭에 의한 유도된 것으로 1[kHz]이하에서부터 불연속 스위칭에 기인한 수 [MHz]까지를 말한다. 높은 주파수 범위에서 transients는 에너지 저장능력을 제한하지만 높은 피크 전압을 가질 수 있고 저주파수 범위에서 transients는 보다 높은 에너지 저장능력을 가지지만 낮은 피크 전압을 갖는다.

4.1.2 IEEE c62.41

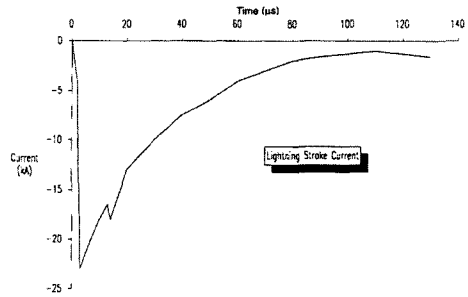
IEEE c62.41에서는 발생원, 시스템 및 설비에 미치는 영향의 형태, 전자기적 특성에 따라 transients을 분류한다[4]. 또한 여러 가지 설비에 대한 견딜 수 있는 능력을 증명하기 위한 대표적인 전압 과도현상의 파형형태에 대한 아웃라인을 정하고 있다. 전력시스템에서 과도현상의 두 가지 주요 발생원인은 다음과 같다.

① 뇌의 직접 또는 간접적 영향에 의해 발생한 환경적 transients

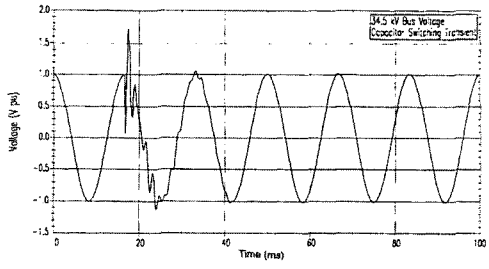
② 기계적 또는 반도체 스위치의 동작에 의한 transients : 전력계통에서의 설비 고장, 변압기 코아(core) 포화의 영향, 돌입(Inrush)전류

4.1.3 IEEE 1159

IEEE 1159는 그림 1에서 보여주는 것처럼 impulsive와 같은 unidirectional transients와 oscillatory transients를 정의하고 있다[2]. 이는 높은 주파수와 높은 피크 값(Peak values)과 관련한 높은 상승 시간에 의해 분류된다. 이들은 대부분 뇌에 의해 발생되고 이러한 높은 주파수 성분들은 시스템의 저항요소에 의해 급격히 사라지게 된다. oscillatory transients는 주파수, 크기 및 지속시간에 따라 분류될 수 있다. oscillatory transients는 크게 고주파수, 중간주파수, 저주파수 transients의 세 가지 하위 범주로 분류된다. 고주파수 oscillatory transients는 거의 대부분 스위칭 이벤트 형태에 기인하고 종종 impulsive transients에 대한 시스템의 응답의 결과로 발생하게 된다. 중간주파수 oscillatory transients는 수십초 동안 지속되고 5[kHz]에서 500[kHz]사이의 주파수를 갖는다. 저주파수 oscillatory transients는 0.3[ms]에서 0.5[ms] 동안 지속되고 5[kHz]이하의 주파수를 갖는다.



(a) impulsive transient를 유발시키는 뇌 전류



(b) 저주파수 oscillatory transient

그림 1. IEEE 1159에 정의된 전압 transient

4.2 저 주파수 장애 : Dips(Sags), Interruptions and Swells

저 주파 장애는 공급전압파형의 일시적인 이탈로써 간주되며 반 사이클에서 1분 이하동안 지속되는 것을

말한다. 반 사이클 이하의 장해는 transients 간주된다. 그림 2에 voltage dips(sags), interruptions(outages), swells 장애의 유형을 나타내었다. voltage dips과 short interruptions은 IEC EMC 규격에 포함되어 있지만 voltage swell은 IEEE 1159에만 소개되어 있다.

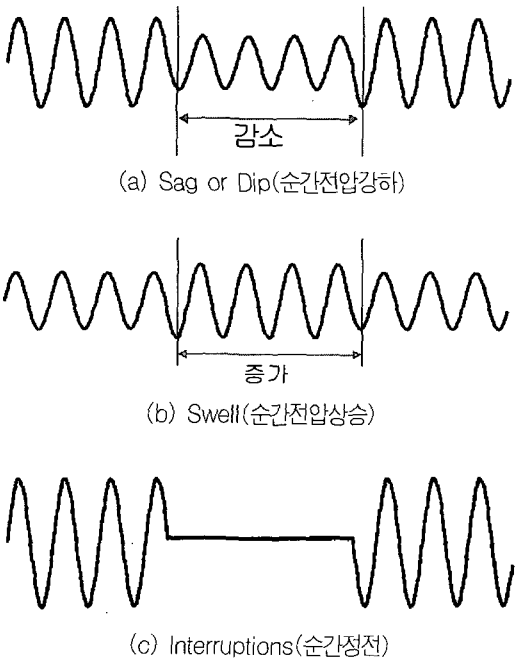


그림 2. 전압 장애(Voltage disturbance)

4.2.1 IEC 61000-2-1

IEC 61000-2-1에서 voltage dips은 전기적 시스템에서 전압의 갑작스런 감소로 설명하고 있다[5]. short interruptions는 1분을 초과하지 않은 주기 동안 공급전압의 완전한 손실이고 때때로 100[%] 전압 dips으로 간주된다. voltage dips은 시스템 정상 전압의 10~90[%]까지의 전압강하를 갖고 short interruptions은 100[%] dips으로 간주된다. 1분이상의 interruptions은 저주파수 EMC 문제에서는 더 이상 고려되지 않는다. 이러한 전압 강하와 interruptions의 원인은 다음과 같다.

① 수초이상 지속되는 퓨즈 동작
② 중압 및 고압에서 고장 또는 100~600[ms]의 자동회복에 의한 연속되는 다른 설비의 고장
③ 모터와 캐패시터 같은 큰 부하의 스위칭

4.2.2 IEEE 1159

여기서는 저 주파수 현상을 1사이클에서 1분까지의 단시간 변동(이하 short-duration variation)과 1분이상 지속되는 장시간 변동(이하 long-duration variation)과 같이 지속시간에 따라 분류하고 있다[2]. 이러한 변동의 크기는 시스템 정상전압의 ±10[%]보다 큰 것으로 규정된다. 1분 이상 지속되는 전압 강하 또는 상승은 long duration 저전압(이하 under-voltage)과 과전압(이하 over-voltage)으로 고려된다. short-duration variation은 대부분 고장조건에서 발생하고 long-duration variations은 시스템 고장의 결과가 아닌 시스템 부하의 순간적인 고장과 시스템 스위칭 동작에서 발생한다.

이러한 짧은 시간의 장애를 구분 짓는 주된 요소는 발생의 크기와 지속기간의 변화이다. 지속시간동안 상수의 크기를 갖는 dip 또는 swell은 크기변화와 지속기간의 변화에 의해 특징지어 질 수 있다.

4.3 CBEMA 와 ITI 곡선

그림 3과 같이 잘 알려진 CBEMA(Association Computer Business Equipment Manufacturer) 곡선은 interruptions, dips, under-voltage, swells, over-voltage와 같은 전력계통에서 전압품질을 평가하기 위해 사용된다. 이 곡선은 원래 컴퓨터와 전자장비를 위한 전원공급 설계에 있어 CBEMA 회원들을 돕기 위한 가이드라인으로써 만들어졌다. 이 곡선에서 공급전압의 변화를 주목함으로써 공급전압이 전자장비를 동작하기 위해 충분한지를 평가할

수 있다. 이 곡선은 전력계통에서 전압 변동의 크기와 기간을 보여준다.

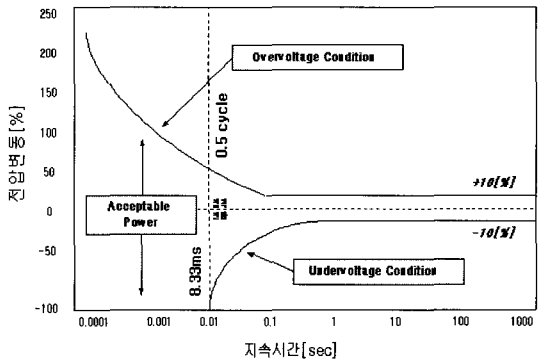


그림 3. CBEMA 곡선

이러한 CBEMA는 Information Technology Industry Council(ITI)로 개명이 되었고 그림 4와 같이 CBEMA 곡선을 대신하기 위해 개발된 새로운 곡선으로 변경이 되었다. 그러나 컴퓨터와 전자 산업에 있어서 CBEMA가 워낙 잘 알려져 있어서 ITI 곡선은 새로운 CBEMA로써 간주되고 있다.

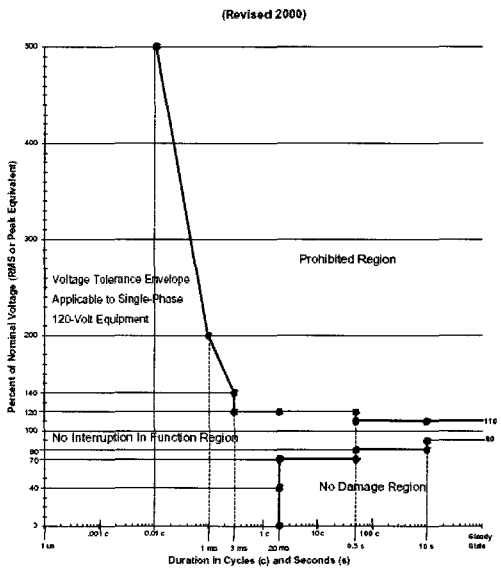


그림 4. ITI 곡선

5. 파형왜곡(Waveform distortions)

파형왜곡은 전통적으로 고조파로써 알려져 있다. 왜냐하면 고조파가 전압과 부하 전류 파형의 주된 왜곡 성분이기 때문이다. 그러나 전력시스템에서 상호 고조파(이하 inter-harmonic) 내용도 주의 깊게 살펴볼 필요가 있다. 또한 삼상 컨버터 사용의 증가는 전류(Commutation) 과정에서 발생된 notchings에 대한 인식을 증가시키고 있다. 지금까지 여러 국가들에서 자국의 조건과 요구에 다라 고조파 기준과 방출한계를 개발하고 있다. 그러나 국제무역 및 자유무역의 증가추세에 따라 각국에서 만들어진 기준을 국제기준으로 통합하려는 노력이 이루어지고 있다. IEC 61000 시리즈는 고조파와 inter-harmonics을 포함하는 기준이지만 IEEE 519는 단지 고조파에 대한 가이드라인을 제공하고 있다[6].

5.1 고조파(Harmonics)

5.1.1 IEC 61000-2-1

IEC 61000-2-1는 고조파를 기본주파수의 정수배 주파수를 갖는 정현파 전압과 전류로써 정의하고 있고 전력시스템, 산업부하, 가정용 부하의 세 가지 범주로 고조파의 주된 발생원을 말하고 있다[5].

고조파 전류는 발전, 송전 및 배전설비에서는 저왜곡 수준으로 소량 발생하지만 산업 및 구내부하에서 주로 발생하고 있다. 전력시스템에서 고조파 발생은 변압기 포화가 주요원인이지만 유연전송시스템 FACTS(Flexible AC transmission systems)사용의 증가로 고조파 왜형을 증가시키고 있다. 전력변환기, 유도 및 아크로 등이 파형을 왜곡하는 주요 산업설비이며 가정용 주요 부하는 PC 및 TV 수신기 등을 들 수 있다.

고조파 발생과 관련하여 IEC 61000-3-2와 IEC 61000-3-4는 각각 상당 16[A]이하의 입력전류와

16[A]이상의 입력전류를 갖는 설비에 있어 고조파 방출한계에 대한 아웃라인을 규정하고 있다[7-8].

5.1.2 IEEE 519

IEEE 519에서는 전력시스템에서 주요 고조파 발생원을 정의하고 있다[6]. 여기에 고조파 발생원을 전력변환기류, 무효전력 보상기, 인버터, SMPS (Switched Mode Power Supply), cyclo-converters, PWM(Pulse Width Modulation) 드라이브 등으로 설명하고 있다. 또한 고조파에 따른 병렬, 직렬 공진, 이러한 공진의 크기에 의한 시스템의 영향 등 시스템이 어떠한 영향을 받는지를 설명하고 있다. 모터, 발전기, 변압기, 전력 케이블, 캐패시터, 전자장비, 측정 장비, 스위치기어, 릴레이 등 다양한 설비 또는 부하의 동작에 대한 영향과 통신 네트워크에 대한 간섭 또한 설명되고 있으며 고조파 왜곡에 의해 발생하는 통신 간섭의 양을 줄이기 위한 여러 가지 방법도 소개되어 있다.

또한 전력시스템에서 고조파 왜곡의 수준을 평가하기 위한 측정 및 분석방법이 설명되어 있다. 고조파 전류를 계산하고 시스템 주파수 응답을 계산하고 전력시스템의 성분을 모델링 하기 위한 방법도 포함되어 있으며 고조파 왜곡을 갖는 시스템을 위한 무효 성분을 설계하기 위한 다양한 방법 및 형태도 설명되어 있다. 그리고 전력 시스템에 침투하는 고조파 양을 줄이기 위한 다양한 기술과 고조파 왜곡을 제어하기 위한 개별 소비자 및 설비에 대해 기술하고 있다.

5.2 고조파 지수

가장 보편적인 고조파 지수는 Total Harmonic Distortion(THD)이다. THD는 기본주파수 성분에 대한 퍼센트로써 표현된 R.M.S(Root Mean Square) 고조파이다. 대부분의 응용에서 2차에서 25차까지의 고조파 범위를 고려하기에 충분하지만 대부분의 기준들은 50차까지를 규정하고 있다.

전류 왜곡 수준은 THD 값에 의해 특징지어지지만 기본 주파수 전류가 작을 때는 해석에 따른 오해의 소지가 발생한다. 예를 들어 경부하 조건에서 기본주파수에 대한 상대적 왜곡률이 클지라도 고조파 전류의 크기는 작기 때문에 입력전류에 대한 높은 THD 값은 중요한 관심사항이 아니다. 이러한 애매 모호성을 피하기 위해 IEEE 519에서는 새로운 고조파 지수로써 Total Demand Distortion(TDD)를 정의하였다. 이는 왜곡을 기본파 전류에 대한 퍼센트 비율보다는 최대 부하 전류 크기에 대한 퍼센트로써 표현된다는 것을 제외하고는 THD와 유사하다.

5.3 Inter-harmonics

IEC 61000-2-1에는 inter-harmonics에서는 "전압과 전류 고조파 사이의 기본파의 정수배가 아닌 주파수 성분(그림 5)"으로 정의하고 있으며 그 주요 발생원에 대해서도 설명하고 있다[5]. 대부분의 기준들은 inter-harmonics 현상에 대한 설명 또는 가이드라인을 설명하고 있지 않다. IEC 61000-4-7 과 IEEE 519와 같은 고조파 기준들에서도 inter-harmonics을 포함하기 위한 노력을 하고 있다[6, 9].

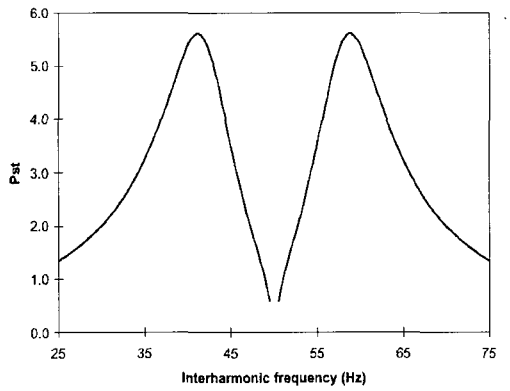


그림 5. Inter-harmonic

5.4 Notching

그림 6과 같은 Notching은 전류(Commutation) 과정에 의한 선 전압 파형의 왜곡이다. 이는 반복적이고 주파수 영역에 의해 특성지어질 수 있다. notching는 변압기 및 발전기의 절연에 대한 스트레스 같은 영향 때문에 전력설비의 형태에 따라 많은 관심을 갖는다. notching은 때때로 다음과 같은 특성에 따라 설명되어 진다.

① notch 깊이 - 기본주파수에서 정현파로부터의 선전압 notch의 평균 깊이
② notch 넓이 - 전류 과정의 지속 기간
③ notch 면적 - 노치 깊이와 넓이의 곱
④ 노치가 발생하는 정현파형의 위치

Notching은 IEEE 1159에 간략히 설명되어 있고 IEEE 519에 자세히 설명되어 있다[2, 6]. IEEE 519는 컨버터 전류 현상을 세부적으로 분석하고 있고 시스템 임피던스와 부하 전류에 대하여 노치의 깊이와 지속기간에 대해 설명하고 있다. 또한 노치 깊이, 공급 전압의 THD와 notch 면적에 대한 한계를 규정하고 있다.

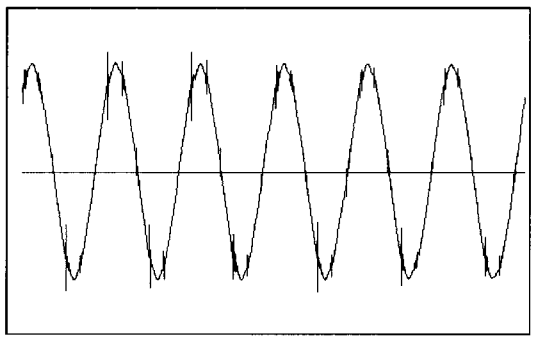


그림 6. Notching 파형

6. 전력품질 진단을 위한 접근 방식

전력품질 문제에 있어 아직까지 기업주나 관련 당사자들은 정확한 이해가 부족한 상태이다. 기업주 또는 기업의 관련 당사자들은 존재하는지도 모르고 이해도 부족한 상태에서 전력품질 문제에 대해 비용지출을 꺼릴 수밖에 없다. 일반적으로 기업주들은 그들이 파악하고 있고 해결해야 될 당장의 문제점의 해결에 대한 제안에 더 적극적이고 긍정적인 반응을 보이고 비용을 지출 할 것이다. 즉 설비의 오동작 및 재시동, 차단기 원인불명 트립, 변압기 과열 등과 같이 이유가 확실하지 않지만 수용가 설비에 피해를 주는 문제점에 대해 더 많은 관심을 갖는다. 따라서 전력품질 진단을 위한 영업에 있어 관련 기술자들은 우선 수용가의 공정을 이해하고 전력품질 문제가 수용가의 특정 설비에 대해 어떠한 영향을 미치는지를 알아야 할 것이다.

전력품질에 대한 영업을 성사시키기 위해서는 기업주 또는 관련 당사자들에게 생산성의 향상, 장비수명 연장, 또는 기본적인 수익성 향상을 명확히 전달할 필요가 있다고 한다. 즉 전력품질 문제를 진단하거나 해결함으로써 기업주에게 연간 손실액 및 투자비 회수기간 등 비용적 측면에 있어 더 구체적으로 접근해야 할 것이다. 미국 전력중앙연구소(EPRI) 조사에 의하면 회수기간이 6개월 걸린다면 즉시 비용지불을 승인하고 12개월 회수기간에 대해서는 긍정적으로 검토하겠으나 18개월의 경우에는 추가적인 정당화가 필요할 것이라고 했다. 18개월을 초과하는 회수기간은 위험부담이 있으나 만약 생산중단 비용이 대단히 높으면 경우별로 검토할 가치가 있다고도 하였다. 평균적으로 대부분의 업계는 공정개선을 위한 투자 회수기간을 12에서 24개월로 요구한다.

이러한 비용적 측면에 있어 전력기기 고장 및 이로 인한 연간 정전시간 및 피해 비용을 수량적으로 계산한 자료를 제시한 IEEE 493-1990는 우리 기술자들이 참고할만한 좋은 자료가 될 것이다[10].

7. 결 론

대부분의 전력품질 기준은 전기설비에 대한 전력

불완전의 영향과 설비에 의한 시스템의 영향에 대해 설명하고 있고 전력품질의 측정 및 모니터링 기술을 다룬 기준들은 설비의 내성과 방출한계에 대한 시험방법에 집중되어 있으며 전반적인 전력시스템에 대한 전력품질을 평가하는 방법을 세부적으로 다루고 있는 기준은 아직 마련되어 있지 않다. 실질적으로 어떠한 조건에서 어떠한 전력품질 요소를 분석하고 일치하는 색인을 적용할 것인가는 전력품질 문제를 다루는 기술자들 개인들에게 달려있다. 이와 달리 측정결과는 수용가와 설비에 중심을 두어 해석되어야 한다.

전력품질관련 기준들은 어떤 장애현상에 대한 설명이고 일반적으로 측정 및 분석기간 동안 다른 장애가 발생하지 않는다는 것을 가정한다. 그러나 전력 시스템은 많은 여러 가지 장애가 발생하게 된다. 그러므로 모든 다양한 장애가 존재하는 시스템의 전력품질을 평가하는 것은 기술자들에게 많은 노력을 요구하기도 한다. 또한 전력품질문제의 다양성은 사용하기 가장 적절한 기준을 찾기 어렵게 만들고 있다. 비록 IEC가 전력품질 문제에 대해 EMC 기준의 형태로 포괄적으로 다루고 있지만 아직 세부적인 기준의 정립이 필요할 것으로 사료된다. IEEE 1159는 모든 장애현상을 단일 문서화함으로써 이러한 문제를 어느 정도 해결하였다.

전력품질 문제는 그 현상의 다양성으로 인해 기술자들과 대부분의 사업주들에게는 아직도 어려운 문제일수 밖에 없다. 따라서 전력품질 현상에 대한 정확한 이해를 통해 기업주 및 고객으로 하여금 그들의 사업상의 관점으로부터 전력품질 문제의 진단 및 해결책의 가치를 이해하도록 도와주는 것은 전력품질을 진단하는 것이 기술자의 역할일 것이며 전력품질 진단을 실행하는 것이 수용가에 어떻게 생산성을 높이고 소요비용을 낮추는지 명확한 방법으로 설명해야 할 것이다.

참고문헌

[1] IEC 61000-2-5 : 1995, Electromagnetic Compatibility(EMC), Part 2 : Environment, Section 5 : Classifications of Electromagnetic Environment.

[2] IEEE 1159, Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants.

[3] IEEE 100 : 1992, IEEE Standard Dictionary of Electrical and Electronics Terms.

[4] IEEE c62.41 : 1991, IEEE Recommended Practices on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits.

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

[6] IEEE 519 : 1992, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems.

[7] IEC 61000-3-2 : 1994, Electromagnetic Compatibility(EMC), Part 3 : Limits, Section 2 : Limits for Harmonic Current Emissions(Equipment input Current ≤ 16A per Phase).

[8] IEC 61000-3-4 : 1994, Electromagnetic Compatibility(EMC), Part 3 : Limits, Section 4 : Limits for Harmonic Current Emissions(Equipment input Current ≥ 16A per Phase).

[9] IEC 61000-4-7 : 1991, Electromagnetic Compatibility(EMC), Part 4 ; Limits, Section 7 : General Guide on Harmonics and Inter-harmonics Measurements and Instrumentation, for Power Supply Systems and Equipment Connected Thereto.

[10] IEEE 493 : 1990, IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems.

◇ 저 자 소 개 ◇

유재근(兪在根)

1965년 12월 6일생. 1990년 건국대학교 전기공학과 졸업. 1992년 건국대학교 대학원 전기공학과(석사). 2003년 건국대학교 대학원 전기공학과(박사). 1992~1996년 대우전자 영상연구소 주임연구원. 1996년~현재 한국전기안전공사 부설 전기안전연구원 선임연구원. 본 학회 편수위원.