

[별표 1-22]

KN 61000-2-4

산업용 배전망에서의
저주파 내성 시험방법

목 차

1. 일반 사항	3
2. 참조 규격	4
3. 용어 정의	4
4. 전자파 환경의 분류	8
5. 적합성 레벨	9
6. 적합성 레벨	13
부록 A (정보) 상호고조파의 설명과 예	17
부록 B (정보) 대표적인 산업용 배전망에서 예상되는 방해 레벨의 예	20
부록 C (정보) 고주파에서의 상호고조파와 전압	28

1. 일반 사항

이 시험방법은 0 Hz에서 9 kHz의 주파수 범위에서 전도 방해를 다룬 KS C IEC 61000 시리즈의 일부이다. 35 kV 이하의 공칭전압과 50 Hz 또는 60 Hz의 공칭주파수에서의 산업용 및 비-공공 배전망에서의 수치상 적합성 레벨을 제공한다.

이 적합성 레벨은 전자파 장애방지 기준 및 보호 기준에서 이 기준을 인용한 경우에 한하여 적용한다.

선박, 항공, 해양 및 철도설비의 전원 공급시스템은 포함되지 않는다.

이 시험방법에서 정의되는 적합성 레벨은 설비 내 결합지점에 적용된다. 대부분의 시스템과 같이 상위시스템으로부터 공급을 받는 기기의 전원입력단자에서 방해 가혹도 레벨은 결합지점에서의 레벨과 같을 수 있다. 특별히 일정설비의 공급에 긴 선로가 소요되는 경우나 기기가 부품으로의 형태를 가지는 설비 내에서 생성 및 증폭되는 방해의 경우에는 이와 같지 않다.

적합성 레벨은 산업설비 혹은 비-공공 배전망에서의 설비내결합점에서의 예측 가능한 형태의 전자파 방해에 대해서 특정화시키며 아래 참조에 따른다.

a) 산업용 배전망으로 방사되는 방해 허용기준(3.1.5에서 정의된 기대 레벨을 포함)

주1) 광범위한 조건들은 산업설비나 비-공공 배전망에서의 전자파 환경에서 가능하다. 이 시험방법의 4.에서 설명된 3개의 등급에 의해 광범위한 조건들이 계산된다. 그러나 기기의 특성과 위에서 말한 허용기준의 설정을 포함하는 특정 전자파와 경제적인 조건들을 신중히 검토하는 것은 설비 운영자의 책임이다.

b) 이러한 시스템 내에서의 기기의 내성 레벨의 선택

예상되는 방해 현상

- 전압 편차
- 전압 강하 및 단시간 전압 차단
- 전압 불평형
- 전원 주파수 변동
- 50차 이하의 고조파
- 50차 고조파 이하의 상호고조파
- 고주파(50차 고조파 이상)에서의 전압 성분
- 직류성분
- 과도 과전압

적합성 레벨은 배전망의 특성에 의해 결정된 전자파 환경의 등급에 따라 주어진다.

주2) 공공 배전망의 공통결합점(PCC)에서의 저압 배전망에 대한 적합성 레벨은 KN 61000-2-2, 고압 배전망에 대한 적합성 레벨은 KS C IEC 61000-2-12에서 명시되어 있다. KS C IEC 61000-3-6,

KS C IEC 61000-3-7의 기술보고서는 설비나 대용량 기기로부터의 방출 제한에 대한 전력 공사의 임무에 대하여 기술한다.

2. 참조 규격

다음의 참조규격은 이 시험방법의 적용에 반드시 필요하다. 출판연도가 표기된 참조 규격은 인용된 판만을 적용한다. 출판연도가 표기되지 않은 참조규격은 개정 본을 포함하여 가장 최신판을 적용한다.

KN 61000-2-2 공공 저압 배전망에서의 저주파 내성 시험방법

KS C IEC 60050-101, 국제 전기 기술 용어-제101부: 수학

KS C IEC 60050-161, 국제 전기 기술 용어-제161부: 전기 자기 적합성

KS C IEC 60050-551, 국제 전기 기술 용어-제551부: 전력 전자

KS C IEC 61000-2-8, 전자파적합성(EMC)-제2-8부: 통계적인 측정결과에 따른 전력공급시스템에서의 전압답과 일시적 중단

KS C IEC 61000-2-12, 전자파적합성(EMC)-제2-12부: 공공 중전압 급전시스템의 저주파 전도 잡음 및 신호화에 관한 환경-적합성 레벨

3. 용어 정의

이 시험방법의 용어정의는 다음과 같다. 이 시험방법에서 규정하는 것 외의 용어는 전파법, 전파법 시행령, 전자파 장애방지 기준 및 전자파 보호 기준, 전자파적합성 관련 국제표준 및 국가표준에서 정하는 바에 따른다.

3.1 일반 정의

3.1.1 전자파 방해 (electromagnetic disturbance)

전자파 환경 하에서 어떤 시스템에 이상동작을 유발시키는 전자파 현상

3.1.2 방해 레벨 (disturbance level)

특정한 방법으로 측정되거나 평가된 전자파 방해의 양이나 크기

3.1.3 전자파적합성 (electromagnetic compatibility) EMC

기기나 시스템이 전자파 환경 하에서 정상적으로 동작하며 외부로 전자파 방해를 발생하지 않는 능력

- 주1) 전자파적합성은 모든 발생 가능한 현상에 대한 전자파 환경의 조건이다. 즉 모든 기기 나 기기, 시스템이 정상적으로 작동할 수 있도록 방해방출 레벨은 충분히 낮고 내성 레벨은 충분히 높은 상태를 말한다.
- 주2) 기기나 기기, 시스템의 방출 및 내성 레벨이 어느 위치에서나 제어되고 그 위치에서 회로 임피던스와 같은 다른 전원이나 인자로부터 누적방출로 인한 방해 레벨이 초과되지 않아야 전자파적합성은 성공적인 결과에 도달할 것이다. 통상적으로 적합성은 오동작이나 역효과가 충분히 낮은 상태의 가능성을 말한다. KS C IEC 61000-2-1의 4. 참조
- 주3) 문맥에서 이 용어가 필요하다면, 적합성은 단일 방해 혹은 방해 레벨에 관련되어 이해될 수 있다.
- 주4) 전자파적합성은 기기나 기기, 시스템 각각의 기기 또는 전자파 현상으로부터 영향을 받는 역전자파 현상의 연구 분야에서도 사용된다.

3.1.4 전자파적합성 레벨 (electromagnetic compatibility level)

방사나 내성 허용기준이 설정된 특정한 조건하에서 기준값으로 사용되는 특정 전자파 방해 레벨

- 주) 통상적으로 실제 방해 레벨이 전자파적합성 레벨을 초과할 확률이 매우 작게 하기 위하여 선택되는 적합성 레벨을 말한다.

3.1.5 계획 레벨 (planning level)

특정 환경에서의 특정 방해 레벨, 전원 공급 시스템에 연결되는 기기에 대해 채택된 모든 허용기준을 조정하기 위하여 대용량 부하들이나 설비들의 방출 허용기준을 설정하기 위한 기준값으로 채택되는 레벨

- 주) 계획 레벨은 관련지역에 있는 배전망을 계획, 운영하는 당국의 책임하에 규정되고 적용된다.

3.1.6 공통 결합점 (point of common coupling) PCC

공공 전원 공급시스템에서의 지점, 전기적으로 특정 부하에 가장 가깝고 다른 부하와 연결되어 있거나 연결될 수 있는 지점

3.1.7 설비 내 결합점 (in-plant point of coupling) IPC

시스템이나 설비 내 배전망에서의 지점으로 전기적으로 특정 부하에 가장 가깝고 다른 부하와 연결되어 있거나 연결될 수 있는 지점

- 주) IPC는 일반적으로 전자파적합성이 고려된 지점을 말한다.

3.2 현상 관련 정의

아래에서는 이산 푸리에 변환 방법(DFT)에 의해 시스템의 전압 혹은 전류의 분석을 바탕으로 하는 고조파와 관련된 정의를 다룬다. 이것은 IEC 101-13-09의 부록 A에 정의된 푸리에 변환의 실제적인 응용이다.

주) 주기적, 비주기적 시간함수의 푸리에 변환은 주파수 영역에서의 함수이며 시간함수의 주파수 스펙트럼으로써 관련이 있다. 만약 시간함수가 주기적이라면 그 스펙트럼은 불연속적인 열(혹은 성분)들로 구성된다. 반대로 비주기적인 시간함수라면 그 스펙트럼은 모든 주파수에서 성분을 나타내는 연속적인 함수일 것이다.

IEC나 타 표준에서 고조파 혹은 상호고조파에 관련된 다른 정의가 주어진다. 그것들 중의 일부가 이 시험방법에서는 사용되지 않을지라도 부록 A에서 다루어 진다.

3.2.1 기본파 주파수 (fundamental frequency)

시간함수를 푸리에 변환하여 얻어진 스펙트럼 내의 주파수, 스펙트럼의 모든 주파수와 관련이 있다. 이 시험방법의 목적에 의해 기본파 주파수는 전원 공급 주파수와 동일하게 사용된다.

- 주1) 주기함수의 경우, 기본파 주파수는 일반적으로 함수 자체의 주파수와 동일하다. (참조 A.1)
- 주2) 불명확한 우려가 예상될 경우, 전원 공급 주파수는 시스템에 전력을 공급해주는 동기발전기의 극성과 회전속도를 참조해야 한다.
- 주3) 이 정의는 다른 산업용 배전망에 적용될 수도 있다. 공급설비가 어떠한 부하(단독부하 혹은 여러 가지 부하나 회전기기 혹은 기타부하)로 공급하든지 관계없다. 또한 배전망에 공급해 주는 발전기가 반도체 컨버터일지라도 관계없다.

3.2.2 기본파 성분 (fundamental component or fundamental)

그 주파수가 기본파 주파수인 성분

3.2.3 고조파 주파수 (harmonic frequency)

기본파 주파수의 정수배(체배) 주파수. 고조파 주파수와 기본파 주파수의 비율을 고조파 차수라고 한다. ("h"로 표기)

3.2.4 고조파 성분 (harmonic component)

고조파 주파수를 가지는 성분. 통상적으로 실효값으로 표기된다. 간결하게 고조파로 표기될 것이다.

3.2.5 상호고조파 주파수 (interharmonic frequency)

기본파 주파수의 정수배가 아닌 다른 주파수

- 주1) 고조파 차수를 확장해보면 상호고조파 차수는 상호고조파 주파수와 기본파 주파수의 비율을 말한다. 이것은 정수가 아니다("m"으로 표기).
- 주2) $m < 1$ 일 경우, 저조파 주파수가 사용될 수도 있다.

3.2.6 상호고조파 성분 (interharmonic component)

상호고조파 주파수를 포함하고 있는 성분. 통상적으로 실효값으로 표기된다. 간결하게, 이 성분은 상호고조파로 표기한다.

- 주) KS C IEC 61000-4-7에 언급되어 있듯이, 이 시험방법의 목적에 의해 시간 창은 10개 기본주기 (50 Hz 시스템일 경우) 혹은 12개 기본주기(60 Hz 시스템일 경우)의 폭을 지닌다. 예를 들어 대략 200 ms. 2개의 연속적인 상호고조파 성분 사이에 주파수영역에서의 차이점은 대략 5 Hz이다.

3.2.7 총 고조파 왜곡 (total harmonic distortion) THD

특정 계수("H"로 표기)까지의 기본파 성분의 실효값과 모든 고조파 성분의 합인 실효값의 비율

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=H} \left(\frac{Q_h}{Q_1} \right)^2}$$

여기에서

Q : 전류 혹은 전압

Q₁ : 기본성분의 실효값

h : 고조파의 차수

Q_h : h차 고조파 성분의 실효값

H : 이 시험방법의 적합성 레벨의 목적에 의해 50으로 설정

THD는 고조파에 한해서 적용됨. 상호고조파의 경우는 A.3.1을 참조할 것.

3.2.8 전압 불평형 (voltage unbalance ; imbalance)

선간전압(기본성분) 혹은 연속되는 선간전압들의 실효값들이 동일하지 않은 다상 시스템 내에서의 조건. 불평형의 등급은 통상 음수이나 0의 연속성분과 양의 연속성분 간의 비율로써 표현된다.

[IEV 161-08-09, 개정]

- 주1) 일반적으로 3상시스템에서의 전압 불평형은 단지 그 음의 위상에 대해서만 고려된다. 그러나 어떤 환경에서는 0의 연속성분이 고려되기도 한다.
- 주2) 일부 근사값들은 보통 나타날 수 있는 불평형 레벨(음의 연속성분 대 양의 연속성분의 비율)에 대해 합리적으로 정확한 결과값을 제공한다.

$$\text{예 : 전압불평형} = \sqrt{6 \times \frac{U_{12}^2 + U_{23}^2 + U_{31}^2}{(U_{12} + U_{23} + U_{31})^2}} - 2$$

여기에서

U_{12}, U_{23}, U_{31} : 3개의 선간 전압의 기본파 성분이다.

3.2.9 전압 편차(voltage deviation)

공급망 부하나 그 일부의 변동 혹은 반복적이고 가파른 전압 변동 혹은 가파른 부하의 변동 (KN 61000-2-2의 첫째 그래프 참조)에 의해 야기된 실효 공급전압의 증가나 감소, 잔류영향이 없는 과도현상의 일부는 제외한다.

주) 일부 전압 편차는 부하 조건(예 : 변압기의 전압 탭 변동 및 커패시터 점점 스위치의 상시영향)에 따른 전원망의 적응에 의한 급작스런 변화일 수 있다. 플리커를 야기할 수도 있는 순간전압변동은 다른 현상(연속적인 전압 변화, 주기적인 전압 변화)이다. 전압 변동 및 순간전압변동은 전압 변화의 주요 현상이다.

3.2.10 전압 강하 (voltage dip or voltage sag)

급전시스템의 특정 지점에서 임계전압 이하로 급격히 떨어진 후 곧 회복되는 급격한 전압 감소 현상

주1) 통상적으로 전압 강하는 회로의 단락(short) 전후에 발생하거나 망에 연결된 시스템이나 설비의 급격한 전류 증가가 있을 경우에 발생한다.

주2) 일반적으로 허용 대역의 최소 값에 해당하는 임계값.

3.2.11 과도 과전압 (transient overvoltage)

진동 또는 비진동 과전압, 수 ms 동안의 급격한 감소. 적합성 레벨은 대지와 선간 사이의 침투치에 관련되어 있다.

과도 과전압의 근원은 일반적으로 대기 혹은 배전망 내의 운용(스위칭, 퓨즈)에서 시작된다. 이것의 상승 시간은 1 μ s에서 수 ms보다 짧은 시간이다.

4. 전자파 환경의 분류

전자파 환경에 따라 몇 가지로 분류가 가능하나, 사용상의 편의를 위해서 이 시험방법 내에서는 세 가지의 분류로 정의되며 고려된다. 이 세 가지는 다음과 같다.

1급 이 등급은 보호된 전원 공급 장치에 적용하며, 공공 배전망의 적합성 레벨보다 낮은 적합성 레벨이 적용된다. 이것은 전원 공급 장치에서 방해에 매우 민감한 기기의 사용에

관계된다. 예를 들어 실험실에 사용되는 기술 기기, 자동화 및 보호 기기 그리고 컴퓨터 등과 같은 전기 기기를 말한다.

2급 일반적으로 산업 환경 내의 공통 결합점이나 설비내결합점에 적용되는 등급이다. 이 등급의 적합성 레벨은 공공 배전망의 레벨과 같다. 그러므로 공공 배전망에 적용하려고 설계된 부품들은 이 등급의 산업 환경에서는 사용될 수가 있다.

3급 이 등급은 산업 환경에서 설비 내 공통 결합점에만 적용된다. 여기에는 2급에서보다 몇몇 방해 현상에 있어서는 적합성 레벨이 높다. 예를 들어서, 아래의 조건들에 부합하는 경우에 이 등급을 고려해야만 한다.

- 부하의 대부분이 컨버터를 통해 급전되는 경우
- 용접 기계가 있는 경우
- 큰 전동기가 수시로 동작하는 경우
- 부하가 급격히 변하는 경우

새로운 설비나 기존 설비를 확장할 경우에는 기존의 등급이 그대로 적용되어서는 안 되며 기기의 종류와 생산 공정을 고려하여 진행되어야 한다.

주1) 1급 환경은 보통 무정전전원장치(UPS)나 필터, 또는 서지억제기와 같은 장치의 보호가 필요한 기기를 포함한다.

주2) 몇몇 경우, 매우 민감한 기기들은 1급의 환경에서보다 낮은 적합성 레벨이 필요할 수도 있다. 그때에는 적합성 레벨은 제어된 환경에 따라 각각 적용될 수 있다.

주3) 아크용광로나 분리된 버스 바로부터 공급을 받는 대형 컨버터와 같은 높은 방해 부하로의 공급은 열악한 환경으로 3급을 초과하는 방해 레벨을 가진다. 이런 특수한 상황에 따라 적합성 레벨은 사전에 합의되어야 한다.

주4) 산업 환경의 다양성을 고려하여 주어진 배전망에서 각기 다른 현상에 관련시켜 다른 등급이 적용될 수 있다.

5. 적합성 레벨

5.1 일반사항

적합성 레벨은 각각의 경우에 따라 결정된 다양한 방해를 고려하여 지정이 된다. 그러나 전자파 환경은 보통 동시에 다양한 방해들을 포함하며 일부 기기들은 특별한 방해원의 조합에 의해 성능이 저하될 수도 있다. KN 61000-2-2의 A.2를 참조한다.

적합성 레벨은 표 1에서 표 5에 제시되어 있다. 부록 C의 상호고조파 안내를 참조한다.

설비내결합점(IPC)들은 그것들의 적합성 레벨에 따라 분류되어야 한다. 회전기기, 전원 커패시터 뱅크, 필터와 같은 특정 장치나 기기의 선택이 가능하도록 하기 위하여 기기의 단말에서 발생할 수 있는 전압 편차에 대한 구체적인 명세서를 확보하여야 한다. EMC기준전문위원회는 적절한 부품을 선택하는 데 용이하게 하기 위한 관련 정보를 제품 기준에 명시하는 것에 대한 책임이 있다. 또한 기기의 전원 동작 조건을 명시할 때에도 이 시험방법의 적합

성 레벨을 고려하도록 해야 한다.

설비내결합점에서 주어진 적합성 레벨을 적용할 경우, 그 레벨에서의 방해가 공통 결합점에서의 방출 요구규격을 만족하는 것은 아니다. 이 사실은 기기를 선택할 때에 신중하게 고려되어야 한다.

주1) 1급에서 동작되는 기기는 보통 저전압 기기이다.

주2) 다양한 산업 설비에서 전력 컨버터에 의해 야기되는 방해 레벨을 설명하기 위하여 부록 B에 계산 결과 예들이 명기되어 있다.

주3) 3급의 적합성 레벨은 산업 환경에서 발생 가능한 방해까지도 포함하다. 세부적인 설치를 하는데, 3급에 속하는 몇몇 종류의 방해가 발생할 수도 있다. 기기나 장치들이 여러가지 종류의 방해에 다른 민감도를 가지므로, 특정한 기기나 장치가 실제의 방해 레벨에 따라서 조건적으로 사용될 수도 있다.

주4) 시간과 위치 변동이 있을 경우, 방해 레벨은 언제 어디서나 통제가 가능한 것은 아니다. 그러므로 산업시스템 내의 특정 위치에서가 아니라 전체 산업시스템을 고려하여 평가가 이루어져야 한다.

5.2 전압 편차

표 1에서 볼 수 있듯이, 3급에서 0.85 U_C 에서 0.9 U_C 사이의 공급 전압이 되는 전압 편차는 60초 이내에서 예상된다. 그 이상의 지속시간에서는 0.9 U_C 에서 1.1 U_C 사이의 전압 편차를 적용한다.

주1) 플리커를 발생시키는 전압 변동은 일반적으로 조명기기에서만 고려된다. 이것은 2급 배전망에 연결되어야 하며 적합성 레벨은 KN 61000-2-2를 적용한다.

주2) 어떤 환경에서, 일부 기기는 급격한 전압 변화에 민감하게 작동을 할 수도 있다.

5.3 전압 강하 및 순간 정전

1급 설비내결합점에서는, 무정전전원장치(UPS)에서 제공되는 보호 장치도 고려되어야 하며 전압 강하는 예상되지 않는다.

이러한 현상의 또 다른 측면에 대해서 논의는 B.3을 참조할 것.

5.4 전압 불평형

이 시험방법에서 전압 불평형은 단지 음의 위상을 가지는 연속 성분에 대해서만 고려할 것이다. 이 시험방법에서 언급된 전원 공급시스템에 연결된 기기에서 발생할 수 있는 성분에 관한 것이다. 여기서 전압 불평형은 장시간 영향(10분 이상의 지속기간)에 관련되어서 고려될 것이다.

주1) 일부 보호기기는 0의 연속 전압 성분에 대해 민감하다. 설비 레벨의 측면에서 주의해야 한다.

주2) 0의 연속 전압은 주로 제3고조파와 연관이 있다.

주3) 전자 컨버터는 정격 동작조건 내에서 사용될 때 자체 구조로 인한 고유의 고조파 차수를 발생시킨다. 불평형이나 비이상적인 전환 발생 등과 같은 상이한 동작 조건은 다른 고조파 차수를 발생시키는 원인이 된다.

선간에 연결된 단상 부하에 의해 발생된 전압 불평형은 실제로 부하전원과 배전망 3상 단락 회로 전원의 비율과 동일하다. 만약 실제 단상 부하가 없다면 2급의 적합성 레벨이 적용된다.

5.5 일시적인 전원 주파수 변동

공공 배전망의 전원 주파수 편차에 대한 적합성 레벨은 공공 배전망으로부터 급전되는 산업 설비에 적용된다.

범위는 KN 61000-2-2의 4.8에 명시된 공칭 주파수의 1 Hz 이내이다. 전국적 규모로 동기 연결이 되어 있는 경우에는 보통 변동이 매우 작다.

공칭 주파수와 주파수 간의 일시적인 변동에서의 적합성 레벨은 ± 1 Hz이다. 공칭주파수와 주파수 간의 안정 상태 편차는 매우 작다.

주1) 일부 기기에서의 주파수 변동률은 상당히 중요하다.

주2) 공공 배전망과 분리된 공급 시스템의 경우에 주파수 변동은 $\pm 4\%$ 정도 예상된다. 이 경우의 실제 적합성 레벨은 합의되어야 한다.

5.6 고조파

전압의 개별 고조파 성분을 위한 적합성 레벨은 준 고정 혹은 안정 상태 고조파와 관련이 있는 것으로 이해할 수 있고 적합성 레벨은 장시간 영향과 단시간 영향에 대한 기준값으로서 주어질 것이다.

장시간 영향은 전선, 변압기, 전동기, 커패시터와 같은 기기의 열효과와 주로 관련이 있다. 열은 10분 이상의 시간 동안의 지속적인 고조파 레벨로부터 발생한다.

장시간 영향에 관하여, 전압의 각각 고조파 성분에 대한 적합성 레벨은 표 2에서 표 4에 주어져 있다. 총 고조파 왜곡에 대응하는 적합성 레벨은 표 5에 주어져 있다.

단시간 영향은 주로 3초 이하의 지속적인 고조파 레벨에 민감한 전자기기의 방해 영향과 관련이 있다. 과도현상은 포함되지 않는다.

1급과 3급의 단시간 영향과 관련하여 전압의 개별 고조파 성분과 총고조파 왜곡에 대한 적합성 레벨은 표 2에서 표 5에 주어진 값의 1.5배 이다.

2급의 경우, 표 2에서 표 4에 주어진 값들에 인자 k를 곱한 값이다. 여기서 k는 다음과 같다.

$$k = 1.3 + \frac{0.7}{45} \times (h - 5)$$

2급의 단시간에 대한 총 고조파 왜곡에 상응하는 적합성 레벨은 8 % (THD = 8 %)이다.

- 주1) 정류 노치들은 전압의 고조파성분에 기여에 관해서 여기에 포함된다. 다른 측면(예를 들어, 다른 컨버터의 정류(commutation)에 의한 영향이나 스펙트럼의 고차고조파 성분을 포함하고 있는 다른 기기의 영향)에서 시간 영역에 대한 상세기술은 필수적이다.
- 주2) 역률 보정 커패시터가 산업용 배전망 내에서 사용된다면 어디에서든지 그것은 직렬 리액터들을 통하여 연결이 되어야 한다. 특히 3급의 설비내결합점에 연결을 목적으로 사용된 경우에는 꼭 준수하여야 한다. 상호고조파가 존재한다면 공진 영향의 위험이 있으며, 주어진 3급보다 밀도는 높은 고조파가 발생할 수도 있다. 직렬 리액터는 필요 없지만 이것은 신중히 고려해야 한다.
- 주3) 총 고조파 왜곡의 구체적인 수치들은 특정 장치나 기기에 관련이 없다. 그러나 상당한 진폭에서 몇몇 고조파들이 동시에 존재할 가능성과 관련이 있다.

5.7 상호고조파

부록 C는 고조파에 관련된 전원, 영향 및 완화 방법에 대한 정보를 제공한다. 또한 지침을 위한 레벨을 제공하며 더 많은 경험이 생길 때까지 가능한 적합성 레벨의 발행을 한다.

이 시험방법에서 적합성 레벨은 공급전압의 진폭변조를 초래하는 기본파 주파수(50 Hz 혹은 60 Hz)에 가까운 주파수에서 발생하는 상호고조파 전압의 경우만 고려하여 주어진다.

이런 조건에서 조명장치와 같은 전압의 제곱에 매우 민감한 부하는 플리커에 기인한 깜빡임 효과(beat effect)를 나타낸다(5.2의 주1 참조). 비트 주파수는 2개의 동시 전압의 주파수 차이(예를 들어, 상호고조파와 기본파 주파수간의 차이)이다.

- 주1) 상호고조파 차수 0, 2 이하의 적합성 레벨은 플리커 요구규격에 의해 결정된다. $P_{st} = 1$. 격렬한 플리커는 KS C IEC 61000-3-7의 부록 A에 따라서 계산되어야 한다. 이때, 주기적이고 정현파 전압인 경우 주어진 형태 인자(shape factor)를 이용한다. 이 형상 인자의 고전적인 값은 $0.04 < m \leq 0.2$ 일 때 0.8이며 $m \leq 0.04$ 일 때 0.4이다.
- 주2) 고조파 주파수(특히 3차, 5차)에서 상당한 전압의 레벨이 인접한 주파수에서 상호 고조파 전압과 동시에 존재할 경우에는 비슷한 상황이 발생할 수 있다.

위와 같은 경우에 상호고조파 전압의 적합성 레벨은 그 진폭과 기본전압의 진폭과의 비율로써 표시 된다. 그림 1은 비트 주파수의 함수를 보여준다. 이것은 120 V, 230 V에서 작동되는 전등에서의 $P_{st} = 1$ 의 플리커 레벨을 기본으로 하며 조명기구를 포함한 회로에 대해서만 적용 가능하다.

5.8 고주파(50차 이상의 고조파)에서의 전압 성분

전압 파형의 왜곡은 주파수에서 전압의 중첩과 증가회로가 될 수도 있다. 중첩된 전압들 중의 일부는 50차 고조파의 전압보다도 훨씬 크다. 고주파일 경우에는 중첩파들이 고조파인지 상호고조파인지는 중요하지 않다. 중첩은 불연속 주파수와 비교적 광대역 주파수에서 발생이 된다. 더 많은 경험이 쌓여 적용 가능한 적합성 레벨이 공표될 때까지는 C.3에서 지침으로 제공한다.

5.9 과도 과전압

상대적인 과도 진폭은 일반적으로 그 기간 동안, 배전망의 주파수와 전압 레벨의 함수이다. 이러한 현상의 논의를 위해 B.4를 참조한다.

5.10 직류 성분

이 시험방법에서 다루는 산업용 전원 공급시스템의 전압은 중요 레벨에서의 직류성분을 포함하지 않는다. 그러나 지정된 변압기 없이 직접 연결된 부하의 균형 대칭에 생기는 사소한 결함 때문에 이런 문제가 발생한다.

중요한 것은 직류전류의 레벨이다. 직류전압 값은 직류전류뿐 아니라 다른 요인의 영향을 받는다. 특히, 고려지점에서의 배전망 부하와 같은 요인을 말한다. 따라서 직류전압의 적합성 레벨은 정해져 있지 않다.

직류 성분은 변압기의 과열과 고조파 전압의 방출의 원인이 되는 비대칭 자화의 원인이 될 수 있다. 더욱이 직류 전류가 대지를 통해서 흐른다면 지하에 있는 금속 설비의 부식을 가속화시킨다.

6. 적합성 레벨

전압 편차, 전압 불평형 및 전원-주파수 변동에 대한 적합성 레벨은 표 1에 주어져 있다.

고조파의 적합성 레벨은 표 2에서 표 4에 명시되어 있다.

총 고조파 왜곡의 적합성 레벨은 표 5에 명시되어 있다.

상호고조파 적합성 레벨은 그림 1에 나타나 있다.

표 1. 전압 편차, 전압 불평형 및 전원 주파수 변동에 관한 적합성 레벨

현 상		1급	2급	3급
전압 편차 정격전압(U_N) 대비	$\Delta U/U_N$	$\pm 8 \%$	$\pm 10 \%$ ^{주1)}	$+10 \% \sim -15 \%$ ^{주2)}
전압 불평형	U_{neg}/U_{pos}	2 %	2 %	3 %
전원-주파수 변동 ^{주3)}	Δf	$\pm 1 \text{ Hz}$	$\pm 1 \text{ Hz}$	$\pm 1 \text{ Hz}$

주1) KN 61000-2-2에서 정의된 값이 아님.
 주2) 5.2 참조
 주3) 분리된 배전망일 경우에는 $\pm 2 \text{ Hz}$

표 2. 기함수의 고조파-고조파 전압 성분에 대한 적합성 레벨(3배수 제외)

차수 h	1급 U_h %	2급 U_h %	3급 U_h %
5	3	6	8
7	3	5	7
11	3	3.5	5
13	3	3	4.5
17	2	2	4
$17 < h \leq 49$	$2.27 \times (17/h) - 0.27$	$2.27 \times (17/h) - 0.27$	$4.5 \times (17/h) - 0.5$

비고) 산업설비 내의 부분으로 비선형 부하와 연결되어 동작하는 일부일 경우에는 3급의 적합성 레벨은 위 값의 1.2배가 된다. 이러한 경우에는 연결된 기기의 내성과 관련한 예방조치가 반드시 필요하다. 그러나 공공 배전망의 결합점에서의 적합성 레벨은 이미 KN 61000-2-2, KS C IEC 61000-2-12에서 주어져 있다.

표 3. 기합수의 고조파-고조파 전압 성분의 적합성 레벨(3배수)

차수 h	1급 U_h %	2급 U_h %	3급 U_h %
3	3	5	6
9	1.5	1.5	2.5
15	0.3	0.4	2
21	0.2	0.3	1.75
$21 < h \leq 45$	0.2	0.2	1

주1) 이 레벨들은 0 연속 고조파에도 적용된다.
 주2) 산업설비 내의 부분으로 비선형 부하와 연결되어 동작하는 일부일 경우에는 3급의 적합성 레벨은 위 값의 1.2배가 된다. 이러한 경우에는 연결된 기기의 내성과 관련한 예방조치가 반드시 필요하다. 그러나 공공 배전망의 결합점에서의 적합성 레벨은 이미 KN 61000-2-2, KS C IEC 61000-2-12에서 주어지 있다.

표 4. 우함수의 고조파 전압 성분의 적합성 레벨

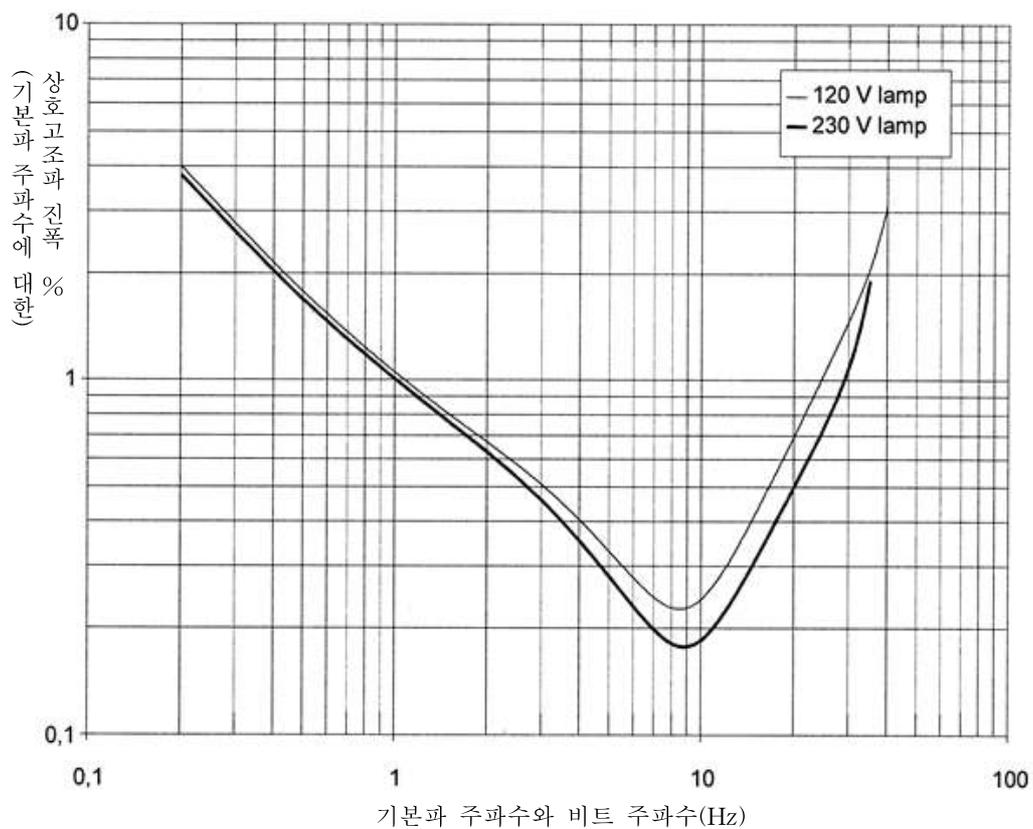
차수 h	1급 U_h %	2급 U_h %	3급 U_h %
2	2	2	3
4	1	1	1.5
6	0.5	0.5	1
8	0.5	0.5	1
10	0.5	0.5	1
$10 < h \leq 50$	$0.25 \times (10/h) + 0.25$	$0.25 \times (10/h) + 0.25$	1

비고) 산업설비 내의 부분으로 비선형 부하와 연결되어 동작하는 일부일 경우에는 3급의 적합성 레벨은 위 값의 1.2배가 된다. 이러한 경우에는 연결된 기기의 내성과 관련한 예방조치가 반드시 필요하다. 그러나 공공 배전망의 결합점에서의 적합성 레벨은 이미 KN 61000-2-2, KS C IEC 61000-2-12에서 주어지 있다.

표 5. 총 고조파 왜곡에 대한 적합성 레벨

	1급	2급	3급
총 고조파 왜곡(THD)	5 %	8 %	10 %

비고) 산업설비 내의 부분으로 비선형 부하와 연결되어 동작하는 일부일 경우에는 3급의 적합성 레벨은 위 값의 1.2배가 된다. 이러한 경우에는 연결된 기기의 내성과 관련한 예방조치가 반드시 필요하다. 그러나 공공 배전망의 결합점에서의 적합성 레벨은 이미 KN 61000-2-2, KS C IEC 61000-2-12에서 주어져 있다.



230 V나 120 V 시스템에서 시스템 주파수로부터 독립적인 결과를 나타내는 비트 주파수 함수에 따라 플리커현상에 대응하는 기본과 주파수에 인접한 상호고조파의 적합성 레벨을 그림 1에서 나타낸다.

그림 1. 상호고조파 적합성 레벨
(60 W 백열등에서 $P_{ST} = 1$ 인 경우의 플리커 미터 응답)

부록 A

(정보)

상호고조파의 설명과 예

A.1 비정현파 전압과 전류의 분석

공급전압의 왜곡이라는 것은 기대 전압과 원하지 않는 주파수에서 하나 혹은 그 이상의 정현파 전압과의 중첩현상과 동일하다. 아래에 논의는 전압과 전류 양쪽에서 다 유효하다. “양”이라는 용어가 사용된다.

푸리에 급수 분석을 사용하여 주기적 양을 가진 비정현파를 실제 정현파 성분을 지니는 주파수의 배열이나 직류성분으로 분해할 수 있다. 이 배열에서 가장 낮은 주파수를 기본파 주파수 f_1 라 부른다. 이 배열에서 다른 주파수들은 기본파 주파수의 정수배이며 고조파로 불린다. 주기적 양에 대응하는 성분들은 각각 기본파 성분과 고조파 성분으로서 다루어진다.

푸리에 변환은 주기함수 혹은 비주기함수의 어떤 함수에도 적용될 수 있다. 변환의 결과는 비주기 시간함수가 연속적이거나 기본파 성분이 없는 경우의 주파수 영역에서의 스펙트럼이다. 주기함수에 적용되는 특별한 경우에는 주파수 영역에서의 선 스펙트럼을 보이며, 스펙트럼의 선들이 푸리에 급수에 대응하는 각각 기본파 주파수와 고조파 주파수이다.

이산 푸리에 변환(DFT)은 푸리에 변환의 실용적인 적용이다. 실제로 신호는 실제 신호의 제한된 표본수(M)를 제한된 시간주기(T_w 간격의 윈도우)에 대하여 분석된다. 이산 푸리에 변환의 결과값은 두 파라미터 T_w , M의 선택에 따라 달라진다. T_w 의 역변환은 이산 푸리에 변환의 기본 주파수 f_b 이다.

이산 푸리에 변환(DFT)은 윈도우 내의 실제 신호에 적용된다. 이 신호는 윈도우외에서의 과정이 아니지만 윈도우 내에서 신호의 동일한 반복으로 추정될 수 있다. 이것은 가상 신호에 의한 실제 신호의 근사값이 된다. 그 가상 신호는 적절하게 주기적이고 그 주기는 시간 윈도우이다.

고속 푸리에 변환(FFT)은 짧은 계산 시간을 제공해주는 특별한 알고리즘이다. 이것은 샘플의 개수 (M)가 2의 정수배($M = 2^i$)가 되어야 한다. 바꾸어 말하면 표본화 주파수가 기본 주파수의 2의 정수배로 고정되는 것이다. 그러나 현대의 디지털 신호 처리는 이산 푸리에 변환 (사인함수와 코사인 함수의 표)의 매우 복잡한 것을 고정된 고속 푸리에 변환의 주파수보다 좀 더 경제적이고 유연성 있게 한다.

주기함수에 적용되는(A.2 참조) 이산 푸리에 변환의 결과를 푸리에 급수 분석의 결과와 동일하게 하기위하여 기본파 주파수 f_1 는 기저(basic) 주파수의 정수배가 된다. 이 때, 표본화

주파수는 정확히 기저 주파수의 정수배가 되어야 한다[$f_s = M \times f_b$]. 이와 같은 동기표본화는 필수적이다. 동기화의 손실은 스펙트럼 결과를 바꿀 수도 있으며 또 다른 표시선을 생성시키거나 실제 진폭 표시선을 변화시킬 수도 있다.

따라서 측정 기술은 KS C IEC 61000-4-7의 2판에서 정의한다. 3.2.1의 기본과 주파수의 정의는 모든 전자기술 및 전기전자제품에 대해서 똑같이 적용이 된다. 다른 경우는 고려해 볼 필요가 있다.

설명한 대로, 50 Hz의 공급전압과 175 Hz에서 정현파의 리플 제어신호의 중첩은 고려되어야 한다. 이것은 주기 40 ms, 주파수 25 Hz를 가지는 전압을 발생시킨다. 이 전압을 고전적인 푸리에 급수 분석을 사용하면 0의 진폭 및 0이 아닌 진폭의 두 가지 성분을 포함하는 25 Hz의 기본 주파수 성분으로 나타낼 수 있다. 2차 고조파(50 Hz)는 그 공급 전압의 진폭과 동일하며 7차 고조파(175 Hz)는 리플 제어신호와 동일한 진폭을 가진다. 3.2의 정의는 이 접근법과의 혼동을 피하며 KS C IEC 61000-4-7에 표기된 이산 푸리에 변환(50 Hz의 기본과 주파수와 3차, 5차의 상호고조파를 보여주는)의 공동 수행과 함께 선으로 나타난다.

- 주1) 급전시스템의 전압 분석을 할 때, 기본과 주파수에서의 성분이 최대 진폭 성분이다. 이것은 이산 푸리에 변환을 시간영역으로 적용시켜서 얻어진 스펙트럼에서 첫 번째 선이 필수적이지 않다는 의미이다.
- 주2) 전류를 분석할 때, 기본과 주파수에서의 성분은 최대 진폭의 성분이 필수적이지 않다.

A.2 시간 변동 현상

전통적인 급전시스템의 전압 및 전류는 끊임없이 스위칭되고 선형, 비선형 부하에 의해 변동된다. 그러나 문제점 분석을 위하여 그러나 분석을 위하여 그것들은 급전전압의 정수배 주기인 200 ms의 측정대역에서 정지된 상태로 고려된다. 고조파 분석은 KS C IEC 61000-4-7에서의 최고 절충안을 제공하기 위해 설계된다.

A.3 부가적인 용어의 정의

다음의 정의들은 3.2의 보충내용이며 실제적으로 사용될 수 있을 것이다.

A.3.1 총 왜곡 성분 (total distortion content)

기본과 성분이 시간함수로 취급되는 교류 성분으로부터 제거될 때 남은 양을 말한다.

- 주) 총 왜곡 성분 실효값은 다음과 같다.

$$TDC = \sqrt{Q^2 - Q_1^2}$$

여기에서

Q_1 : 기본과 성분의 실효값

Q : 총 실효값

Q는 전류, 전압 둘 다 표기할 수 있다. 또한 고조파와 상호고조파 모두를 포함한다.

IEV 101-14-54(KS C IEC 60050-101) 및 IEV 551-20-11(KS C IEC 60050-551-20)의 정의를 참조한다.

A.3.2 총 왜곡률 (total distortion ratio) TDR

교류 성분의 양에서 총 왜곡 내용의 실효값과 기본파 성분 양의 실효값의 비

$$\text{TDR} = \frac{\text{TDC}}{Q_1} = \frac{\sqrt{Q^2 - Q_1^2}}{Q_1}$$

여기에서

Q_1 : 기본파 성분의 실효값

Q : 총 실효값

Q는 전류와 전압 둘 다 표시할 수 있다.

부록 B
(정보)

대표적인 산업용 배전망에서 예상되는 방해 레벨의 예

이 부록은 특정 산업 환경의 설비내결합점에서의 방해 레벨을 계산한 결과이다. 연구된 예는 다음과 같다.

- 압연 공장(그림 B.1 표 B.1)
- 제지 산업(그림 B.2, 표 B.2)
- 제조 산업(그림 B.3, 표 B.2)

B.1 대형 컨버터로 인한 산업용 배전망에서의 전압 방해 레벨

일부 대형 급전 컨버터 같은 설비내결합점에서는 공공 배전망에 대해 규정된 방해 레벨보다 훨씬 큰 방해 레벨을 가질 수 있다.

이것은 높은 차수 고조파(11차 고조파가 예로 주어짐), 총 고조파 왜곡 인자(THD), 그리고 전압 변동의 공공 배전망의 관련 레벨을 특별하게 초과하는 레벨이다.

보고서에 나온 결과 값들은 공공 전원시스템에 나타나 있는 방해에 의한 분배가 고려되지 않았으므로 총 방해 레벨은 아니다.

표 B.1. 배전망의 형태

	압연 공장			제지 산업		
	IPC 1	IPC 2	PCC	IPC 1	IPC 2	PCC
고조파 전압 평균값						
$U_5(\%)$	3~6.5	2~3.9	1~2.2	1~1.7	1~2.3	0.5~1.1
$U_{11}(\%)$	3~6.8	1.5~2.9	1~2	0.5~1.1	0.7~1.4	0.4~0.7
THD(%)	7~14.3	3.5~7.3	2~4.7	1.5~2.9	2~4	1~1.9
고조파 전압 피크값						
$U_5(\%)$	6~11.4	2.5~5.1	2~3.5	1~1.9	1.5~2.7	0.6~1.3
$U_{11}(\%)$	6~11.5	2~4.2	2~3.3	0.5~1.2	0.8~1.6	0.4~0.8
THD(%)	12~24.7	5~9.9	4~7.3	1.5~3.3	2~4.6	1~2.3
전압 변동 $\Delta U(\%)$	2~4.7	0.5~1.2	0.5~1.2	< 0.1	< 0.3	< 0.1
2개의 전압 변동간의 시간 $\Delta T(s)$	5~100	5~100	5~100	> 600	> 600	> 600

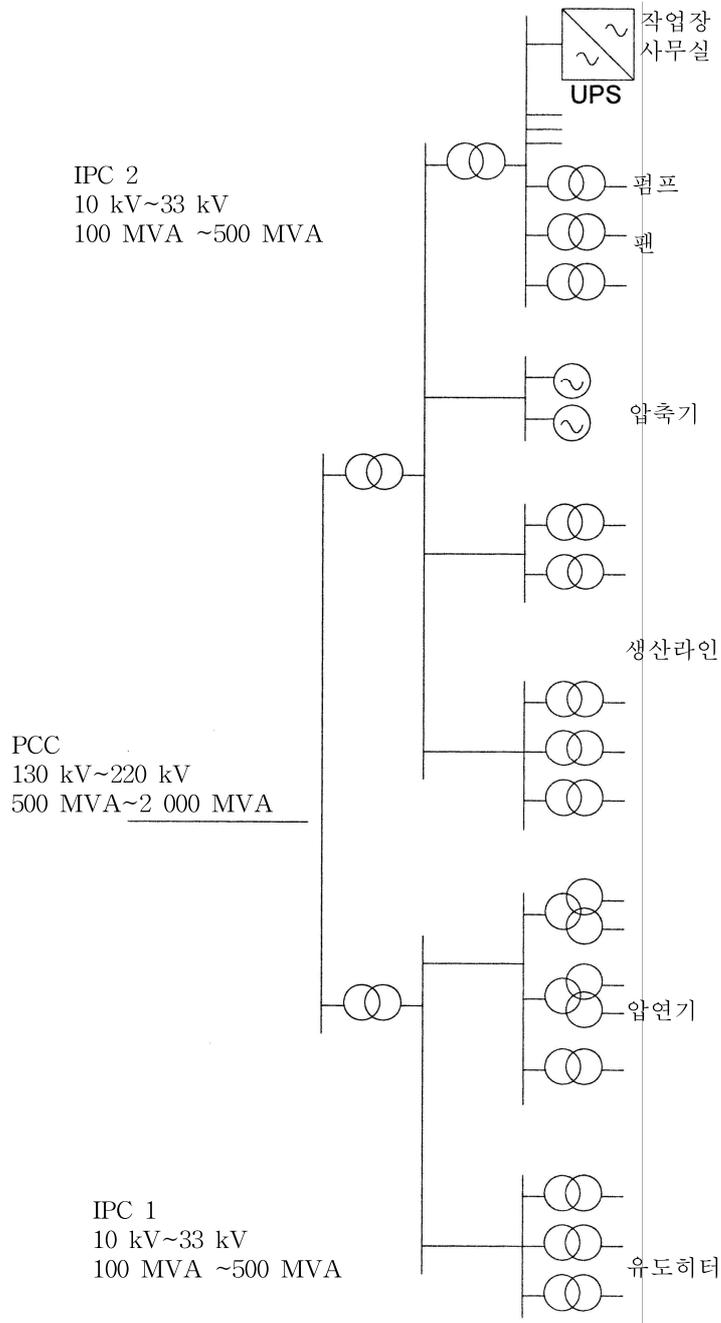


그림 B.1. 압연 공장에서의 전력 분배의 예

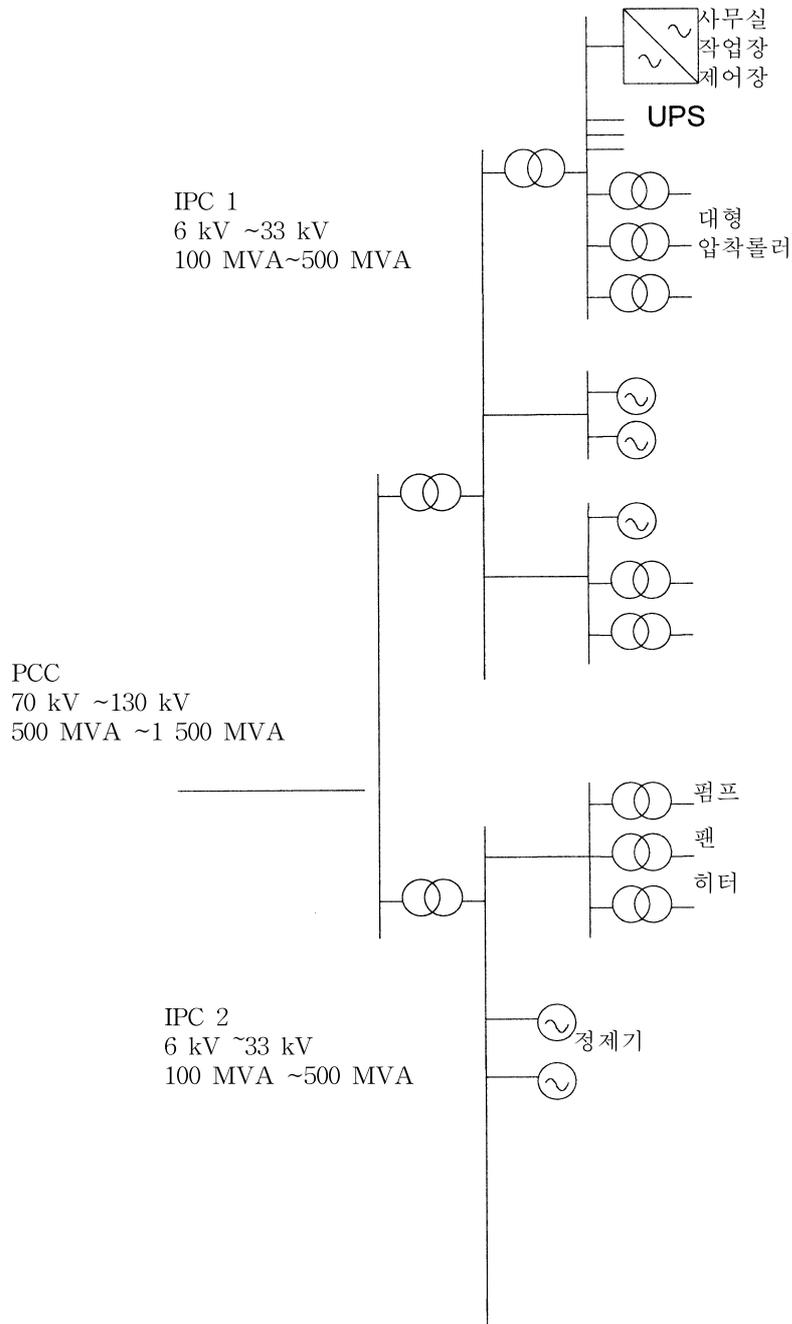


그림 B.2. 제지 산업에서의 전력 분배의 예

B.2 높은 부하를 가진 산업 환경 배전망의 전압 방해 레벨

주어진 값의 범위는 가정된 시스템 변수와 충돌 계수의 변동 범위에 따라 달라진다.

전원 커패시터가 없다면, 가능한 고조파 전압의 확대는 무시할 수 있다.

표 B.2. 특정 제조 산업에서의 전압 방해 레벨

	임피던스 1/MVA ^{주)}	단락전원 (S_{sc}) MVA	총 부하 MVA	컨버터 부하 MVA	THD %	변압변동 %
130 kV 선	1/2000	2000				
트랜스포머 TA	1/320	275.8				
MT 케이블	1/6000					
IPC		266.6	2.3	1.25	1.08	0.6
트랜스포머 T1	1/8.9					
LV1 선		8.6	0.3	0.05	1.34	2.4
트랜스포머 T5	1/1.25					
컨버터 C1		1.09		0.05	10.6	
트랜스포머 T3	1/12					
LV2 선		11.5	0.6	0.3	5.0	3.0
350 kVA 전동기		2.275	0.3			
60 mH 리액터	1/8.5					
컨버터 C2		5.25		0.3	13.2	
트랜스포머 T4	1/22.2					
LV3 선		20.5	0.9	0.9	10.1	3.1
400 V 선	1/582					
컨버터 C3...C10		20		0.9	10.4	

주) p.u의 임피던스들은 1 MVA를 기준으로 하였다.

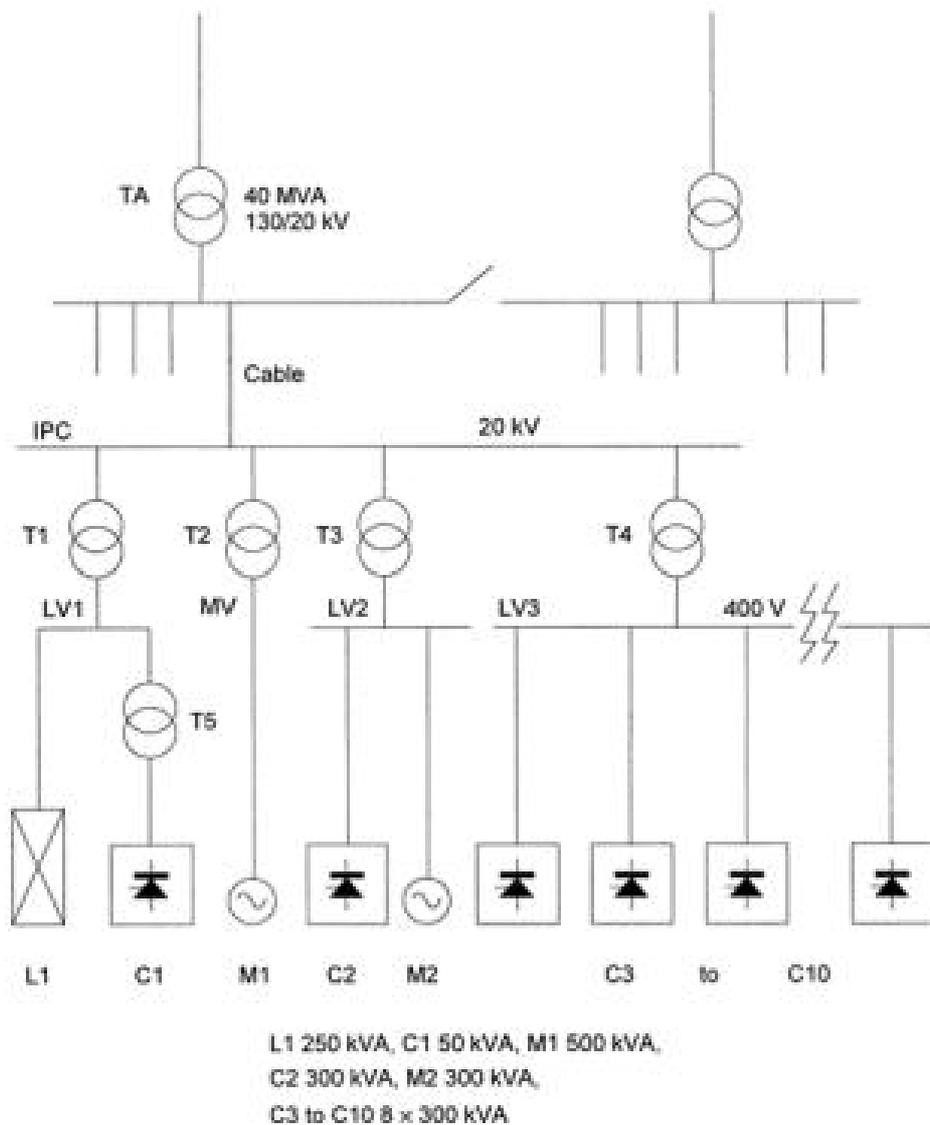


그림 B.3. 일반 제조업에서의 전원 분배의 예

B.3 전압 강하 및 순간 정전

B.3.1 정의

공통결합점(PCC)에서의 전압 강하나 순간 정전은 설비 내부의 현상에 중요한 영향을 미친다. 그것들은 급전시스템이나 대형 설비의 전기적 고장의 주요한 현상을 발생시키고 예측 불가능하고 매우 불규칙적으로 일어난다. 그것들은 통계적인 용어로 정의되어 있다(IEC 61000-2-8 참조).

방해 레벨은 강하의 깊이와 지속시간에 따라 증가하기 때문에 전압 강하는 2차원적인 방해 현상으로 설명될 수 있다.

전압 강하의 깊이는 단락회로 현상이 발생하는 배전망 내의 지점과 관찰지점과의 근접 정도에 의해 결정이 된다. 이 지점에서는 강하의 깊이가 거의 100 %까지 도달하므로 전압이 거의 0이 된다. 대형 부하의 변동처럼 또 다른 원인이 되는 현상의 경우에는 깊이가 깊지 않다.

만약 전송시스템에서 우발 사건이 발생했을 경우에는 전압 강하는 0.1보다 작으며 시스템 보호를 위해 그리고 자체 정화시스템에 결함이 있는지를 아주 빠른 시간에 제거된다. 만약 결함이 배전망의 낮은 레벨에 영향을 미치거나 배전망 내의 다른 보호시스템에 의해 복구가 된다면 전압 강하는 몇 초간정도만 발생할 것이다. 대부분의 전압 강하는 1 000 ms 혹은 그 반주기 동안 지속된다.

전압 강하가 지속되는 시간 동안 주어진 기기의 내성이 불충분할 때 전압 강하의 횟수는 중요하다. 이 횟수는 주어진 프로세스의 적절한 내성 레벨을 선택하기 위한 중요한 데이터이다. 특정 선로에서의 이 숫자는 같은 배전망 내의 다른 선로에서의 결함으로부터 발생하는 전압 강하 및 상위 배전망에서 오는 전압 강하도 포함한다(KS C IEC 61000-2-8 참조).

공중선 배전망으로 공급되는 일부 시골 지방에서는 전압 강하의 발생 횟수는 매년 수백 번에 이른다. 이것은 특히 뇌우나 그 지역의 지리학적 조건에 의해 영향을 받는다.

전선 망에서, 최종 정보는 지역 사정에 따라서 저전압을 사용하는 전기의 개인사용자에 의해 연간 발생률이 수십에서 수백 번에 이를 수 있다는 것을 보여준다. 이러한 전압 강하의 지속시간은 보통 반주기에서 3 s 사이이다.

공중선로망에 사용되는 차단 및 전송시스템의 종류에 따라서 순간 정전은 180 s에 이른다. 특별한 경우에는 시간을 줄일 수도 있다. 전압 강하에 의해 순간 정전이 종종 진행되기도 하며, 전압 강하와 순간 정전의 구분은 어려울 수도 있다. 합의에 의해 낮은 레벨의 전압(예 : 10 %)을 유지함으로써 그것을 구분할 수 있을 것이다. 그러나 3상 시스템에서 이 조건은 각 상마다 적용 가능하고 동시에 순간 정전으로 고려되기도 한다.

B.3.2 적용

적합성 레벨에서 중요한 요구규격은 내성 레벨들을 같게 하는 것이다. 그러나 적합성 레벨은 두 가지 측면에서 설명이 되어야만 한다. 방해 레벨을 나타내어야 한다. 이것을 가능하게 해줄 만한 충분한 데이터가 아직 없다.

엄밀한 뜻에서는 특히, 일시적인 방해의 경우나 좀 더 심각한 전압 강하도 포함하여, 전기기기의 내성은 적절한 개념이 아니다. 왜냐하면 어떠한 전기기기도 에너지공급 없이는 정상적인 동작을 계속 할 수 없기 때문이다. 이러한 방해로부터의 내성은 대체급전시스템으로부터 조속히 에너지의 회복이나 기기의 정돈 그리고 일시 방해나 전력감소의 발생에 대비한 관련 절차를 정돈하는 것을 의미한다. 기술적, 경제적인 측면을 동시에 고려하는 것은 복잡한 일이며, 이 시험방법의 적용범위를 벗어나는 것이다.

3급 설비내결합점에서 전압 강하 및 순간 정전을 나타내주는 값은 다음과 같은 고려사항으로 결정된다.

- 산업설비에서의 공통결합점(PCC) 방해 레벨 수치가 채택될 것이다. 그러나 이러한 수치는 시스템의 형태, 공중선 배전망이 특고압/고압 여부, 단일회로, 복수회로(예 : 현장 위치에서 야외조명기기) 인지에 따라 상당히 가변적일 수도 있다.
- 공장 내에 발전기가 있다면 전압 강하 및 순간 정전의 심각함을 줄일 수 있다.
- 전압 강하 및 순간 정전에 대한 산업 설비의 영향이 고려되어야 한다. 예를 들어, 설비 내의 몇몇 유도전동기의 작동에 의해 심각한 결함의 지속적인 발생, 큰 전압 강하가 야기될 수 있기 때 문이다.
- 3급 설비내결합점의 순간 정전 레벨은 오로지 하나의 선으로 급전받는 설비를 참조한다.

기본적으로 KS C IEC 61000-2-8의 결과가 채택될 것이다.

B.4 과도 과전압

스위치나 퓨즈의 작동, 배전망 근접한 지점의 뇌우와 같은 몇몇 현상들은 급전시스템이나 그것과 연결된 설비 내에 일시적인 과전압을 발생시킨다. 과전압은 진동할 수도 진동하지 않을 수 있으며, 1 ms에서 수 ms보다 작은 시간에 급상승한다.

진폭, 기간 그리고 일시적인 과전압의 에너지성분은 그들의 원천에 따라 가변적이다. 일반적으로 대기에서의 발생은 매우 고전압이며 스위칭에 의한 것은 지속시간이 길고 큰 에너지를 포함하고 있다. 중요한 기기는 서지보호 기기에 의해 보호되어야 한다. 또한 이 주요 기기들은 일반적으로 스위칭에 의한 과전압에 포함된 매우 큰 에너지내용에 따라 선택되어야 한다.

커패시터 뱅크의 스위칭은 과도 과전압의 공통적인 원인이다. 통상적으로, 과전압이 발생하는 지점에서 그 수치는 공칭전압의 2배에 못 미친다. 그러나 연결 기기에서의 과도 과전압을 증폭시키는 선을 통해 전파를 할 때 일시적으로 파동이 반사하거나 전압이 증폭될 수도 있다.

그림 B.4는 단상 120 V에 적용되는 IT 기기를 위한 허용포락선의 예를 보여준다. 다른 형태의 기기는 다른 허용특성을 보일 것이다.

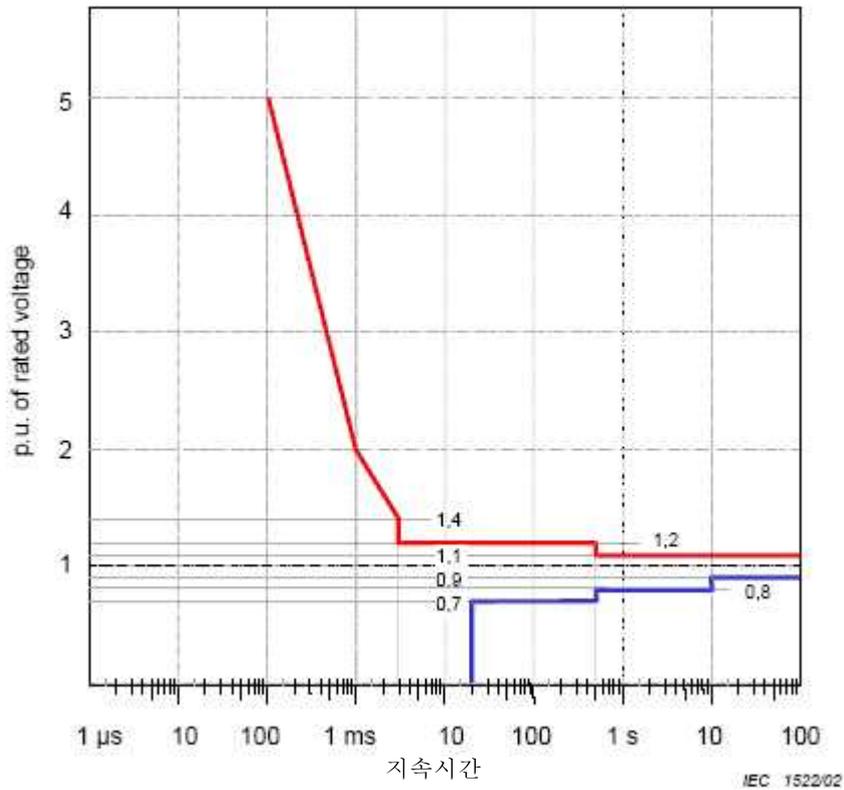


그림 B.4. ITI-ITE의 허용포락선 곡선

대기로부터의 과도 과전압은 저압 배전망에서 그 크기가 6 kV까지 이른다. 이 수치는 분리 조정을 고려해야만 한다. 공통결합점과 설비의 실제 입력단 사이에서의 감쇠를 고려하는 것은 잘 알려져 있지 않으며 100 % 내성은 매우 비경제적인 가설이다. EMC를 위한 적합성 레벨은 좀더 낮게 설정되어야 한다.

외부(공중 급전시스템)로부터 발생하는 과도 과전압은 설비 간의 설비내결합점의 위치에 따라서 감쇠될 수도 있다.

부록 C

(정보)

고주파에서의 상호고조파와 전압

C.1 상호고조파의 발생원

C.1.1 정의

상호고조파의 발생원은 고압, 특고압뿐 아니라 저압 배전망에서도 발견된다. 저압 발생원(용접기계, 전력 컨버터, 유도전동기)으로부터 발생하는 상호고조파는 근접한 기기들로부터 많은 영향을 받는다. 고압, 특고압(아크용광로, 전력 컨버터, 유도전동기) 배전망으로부터 발생하는 상호고조파는 그것들이 공급하는 저압 배전망으로 유입된다.

또한 낮은 레벨의 가우시안 잡음이 있다. 연속적인 정규주파수 스펙트럼이 있으며 상호고조파의 국부적인 발생원이 없음에도 불구하고 가우시안 잡음은 저압 곡선 위에 중첩되어 나타난다. 저압 배전망인 230 V에서의 전형적인 전압 레벨은 10 Hz의 대역폭 필터에서 측정될 때는 40 mV에서 50 mV의 범위에 있고 3 Hz의 대역폭 필터에서는 20 mV에서의 25 mV의 범위에 있다.

상호고조파의 4개의 주요 발생원이 아래에 분류되었다.

- 전기 아크용광로, 아크용접기계 혹은 플라즈마 히터 : 수년간 상호고조파의 주요 발생원이며 저조파의 출원지로 알려져 있으며 그 자체적인 과정, 전원주파수와 동기성이 없는 현상에 대한 전극의 위치제어에서 발생한다.
- 능동 전력 컨버터는 보통 스위칭 주파수(=상호고조파)에서 동작한다. 스위칭의 영향은 상호고조파 전압 또는 전류를 발생시킨다.
- 기본파 주파수가 다른 회로 간의 커플링 불요파 : 이것은 전자 주파수 컨버터의 경우이다.
- 신호전달을 목적으로 상호고조파 주파수에서 의도적인 전압 생산

C.1.2 상호고조파의 발생원의 다른 형태들

C.1.2.1 불규칙적 발생원

아크용접기계는 연속적 광대역 주파수 스펙트럼을 만들어낸다. 이것은 1초에서 수초 동안의 각각 용접 행위들의 지속시간 동안 간헐적인 과정에 연관되어 있다. 그것들은 통상 저압 배전망과 연결되어 있으며 플리커 현상으로부터의 방해를 방지하기 위해 낮은 임피던스로 연결되어 있다.

아크용광로는 불규칙적인 입력전류로 인해 연속적이고 불규칙적으로 변화하는 상호고조파

주파수 스펙트럼을 발생시킨다. 그들의 최고 정격(50 MW에서 120 MW 범위)으로 인해 항상 고압 혹은 특고압 배전망에 연결된다. 최고 방사레벨은 용해과정의 시동시기 중에 발생한다.

C.1.2.2 컨버터 부하로부터 발생하는 저조파 및 상호고조파

전자 주파수 컨버터는 그들의 구조에 따라 다른 특성을 가진다. 직접 컨버터(반도체기기의 조합이나 순환 정류의 도구로 쓰이는 보조회로로 구성된 사이클로컨버터)는 배전망의 기본 주파수에서의 입력 전압을 기본 주파수에서의 출력 전압으로 변환시켜준다. 그 기본 주파수는 컨버터의 제어에 의해 부하로의 급전에 최적화 되도록 정의된다(부하는 가변속도 전동기 혹은 고정된 주파수에서의 특정 배전망이 될 수 있다. 예 : 25 Hz 혹은 16 Hz 2/3) 이런 사이클로컨버터들은 2개의 다른 기본 주파수 간의 분리 기능이 없다. 따라서 부하 주파수의 배수 전류는 각각의 위상으로 조합된 컨버터의 선내의 표면으로 순환한다. 선 전류는 배전망 주파수의 전류와 그의 정규적인 고조파가 합쳐진 형태를 지닌다. 배전망 주파수는 부하 주파수에 의해 결정된 진폭에 의해 변조되어 있다.

주) 예를 들어, 주파수 f 의 3상 균형부하인 사이클로컨버터에서 선 전류는 3상 부하에 위상을 공급해 주는 3개의 개별 다상 컨버터(리플지표, r)의 결합지점에서의 각각의 상으로 결합된다. 이러한 선 전류들의 조합은 총 유효 전력과 총 리액턴스 전력을 고려해야 성공적으로 이루어질 수 있다. 순수 능동 부하이면서 이상적인 컨버터일 경우에 총 유효 전력은 변동 없이 일정하며 $2pf$ 의 주파수에서 낮은 진폭의 변동성분이 포함되어 있을 때, 총 리액턴스 전력은 일정하다. 순수 리액턴스 부하이면서 이상적인 컨버터일 경우에 총 리액턴스 전력이 일정할 때, 총 능동 전력은 0이다. 선 전류는 $2pf$ 의 주파수의 변조 성분과 그 배수 성분을 포함한 조합으로부터 생성된다. 또 다른 추가 상호고조파 전류는 정격 최적화 목적을 위한 비선형적인 명령과 시스템의 불가피한 불완전성에 기인한다.

간접 주파수 컨버터는 선 표면에서 입력 컨버터와 부하 표면의 출력 컨버터(종종 인버터로 작동하는)와 같은 중간 직류 링크를 가진다. 둘의 구조에서 격렬한 전류, 전압의 직류링크는 급전시스템 및 부하의 전류나 전압의 분리 필터를 포함한다. 따라서 2개의 기본과 주파수(공급, 부하)는 분리된다. 그러나 무한필터링은 존재하지 않으며 남아있는 연결통로는 직류링크에 존재하는 주파수에서 부하계통으로 인한 배전망의 전류를 만들어낸다. 이러한 주파수들은 급전 주파수와 관련된 저조파와 상호고조파이다. 그러나 이런 현상들이 흔히 전압원 인버터에서 무시해도 좋다는 것이 반드시 명시되어야 한다.

전자 주파수 컨버터는 배전망으로 전류를 주입한다. 그 전류의 저조파 및 상호고조파 주파수는 주로 0 Hz에서 150 Hz 혹은 300 Hz의 범위에 있다. 이것은 가변속도 전동기같은 부하의 기본 주파수와 일치한다. 주파수의 최고 범위는 2500 Hz이며 이것은 진폭보다 작다. 그 저조파나 상호고조파가 고정된 주파수가 아니라는 것이 주된 어려움이다.

고정된 주파수에서의 특정 배전망 급전용으로 사용되는 일부 반도체 컨버터들은 고정된 주파수에서 저조파와 상호고조파를 만들어낸다.

입력 주파수 f , 출력 기본 주파수 F 를 가지는 이러한 컨버터들의 고조파와 상호고조파 주파수들은 아래 방정식에서 정의된다.

$$f_{h,m} = [(p_1 + k_1) \pm 1] \times f \pm [(p_2 \times k_2)] \times F$$

여기에서

p_1 : 입력 컨버터의 펄스 횟수

p_2 : 출력 컨버터의 펄스 횟수

k_1, k_2 : 전체 정수 행렬(0, 1, 2, 3...)

만약 $k_2 = 0$ 이면 $f_{h,m} = f_h$ (고조파 주파수)

C.1.2.3 컨버터의 내부 동작으로 인해 발생하는 저조파 및 상호고조파

일부 자기-정류 컨버터들은 배전망 주파수의 정수배가 아닌 스위칭 주파수에서 동작하는 능동 중간 주파수 변환부(트랜지스터 혹은 게이트 턴-오프 사이리스터를 사용한다.)를 가지고 있다. 이 스위칭 주파수는 컨버터 자체의 동작에 관련된 기준에 따라서 일정할 수도 가 변적일 수도 있다. 각각의 스위칭은 전류통로를 변화시킨다. 그로 인해 배전망의 비선형성을 보여준다. 컨버터의 스위칭회로의 내부 임피던스가 배전망의 내부 임피던스에 비해 낮을 때, 이 비선형성으로 인해 배전망 전압에 중첩되는 고조파 전압이 발생한다. 반대로 컨버터의 스위칭회로의 내부 임피던스가 배전망의 내부 임피던스에 비해 높을 때, 비선형성으로 인해 상호고조파 전류가 배전망으로 유입된다. 이 상호 고조파 주파수는 스위칭 주파수와 연관이 있으며 일반적으로 수백 Hz에서 수십 KHz의 범위에 있다.

C.1.2.4 기타 여러 가지 발생원

유도전동기 내의 고정자와 회전자 내의 슬롯 저압 배전망에서 상호고조파를 발생시킨다(철의 포화현상과 연관 있음). 그로 인한 불규칙적인 자화 전류가 발생될 수 있다. 표준 속도로 동작하는 전동기 에서 방해 주파수들은 실제적으로 10차에서 40차까지의 범위 내에 있다. 그러나 시동기간 중에 최종 값까지의 전 주파수 범위에서 동작한다.

이미 결정된 상호고조파에서의 전압은 리플 제어 송신기를 통해 의도적으로 만들어진다. 리플 제어 송신기의 목적과 실제사용은 KN 61000-2-2의 4.7에 명시되어 있다. 그들 주파수의 범위는 110 Hz에서 3 000 Hz이다. 최대 상대전압 레벨은 500 Hz까지 9 %의 U_S/U_N 이며 500 Hz에서 3 000 Hz (1.5 %) 사이에서는 20 dB/decade씩 감소한다. 주신호를 위한 다른 시스템은 고주파 범위에서 동작한다(3 kHz에서 20 kHz, 20 kHz에서 148.5 kHz).

C.1.3 상호고조파와 적합성의 영향

상호고조파는 전압 배전망의 주기파형에 중첩된 비주기 혹은 준(準)비주기 현상을 나타낸다. 전압의 최고값은 방해 주파수들의 차이가 포함된 저주파에서 변화한다. 여기서는 전압 최고값이 중요한 전기기기의 사용에 방해받을 것이다. 예를 들어 조명기기는 플리커를 발생

시킬 수 있고 텔레비전 수신기는 방해받을 수도 있다.

리플 제어 수신기는 상호고조파에 의해 방해받기 쉽다. 수신기의 최소 동작 레벨의 수신은 0.3 % 보다도 낮다. 이 수치는 배전망에서 방사기와 수신기 사이의 감쇄 차이를 고려한 것이다. 따라서 전기 사용자들은 리플 제어가 그들의 영역에서에서 동작을 하는지 할당된 주파수가 무엇인지를 알아야 한다. 이런 최소한의 정보가 적합성을 보장하기 위한 필수사항이다.

상호고조파 전류의 주파수는 연속적으로 광대역 주파수에서 발생할 수 있다. 이 상호고조파 전압은 특정 주파수에서의 전류와 저항에 의해 결정된다. 스푸리어스 영향은 수동필터 혹은 배전망에 연결된 역률 보상 커패시터 뱅크로부터 나타나는 반 공진 주파수를 활성화시키는 능력을 말한다.

C.1.4 지침 레벨

C.1.4.1 플리커 영향과 관련된 레벨

기본 주파수로 이루어진 주파수를 가진 전압의 경우는 5.7에 다루어진 비트 주파수가 된다. 표 C.1은 그림 1의 적합성 레벨에 대응하는 상호고조파 전압 레벨을 보여준다.

표 C.1. 플리커 영향을 고려한 저압 배전망에서의 상호고조파 전압의 표시 레벨

차수 m	50Hz 시스템			60Hz 시스템		
	상호고조파 주파수 f_m Hz	V_m %		상호고조파 주파수 f_m Hz	V_m %	
		120V 시스템	230V 시스템		120V 시스템	230V 시스템
$0.20 < m \leq 0.60$	$10 < m \leq 30$	0.68	0.51	$12.0 < m \leq 36.0$	0.95	0.69
$0.60 < m \leq 0.64$	$30 < m \leq 32$	0.57	0.43	$36.0 < m \leq 38.4$	0.79	0.58
$0.64 < m \leq 0.68$	$32 < m \leq 34$	0.46	0.35	$38.4 < m \leq 40.8$	0.64	0.48
$0.68 < m \leq 0.72$	$34 < m \leq 36$	0.37	0.28	$40.8 < m \leq 43.2$	0.50	0.38
$0.72 < m \leq 0.76$	$36 < m \leq 38$	0.29	0.23	$43.2 < m \leq 45.6$	0.39	0.30
$0.76 < m \leq 0.84$	$38 < m \leq 42$	0.23	0.18	$45.6 < m \leq 50.4$	0.23	0.18
$0.84 < m \leq 0.88$	$42 < m \leq 44$	0.23	0.18	$50.4 < m \leq 52.8$	0.22	0.18
$0.88 < m \leq 0.92$	$44 < m \leq 46$	0.28	0.24	$52.8 < m \leq 55.2$	0.22	0.20
$0.92 < m \leq 1.04$	$46 < m \leq 48$	0.40	0.36	$55.2 < m \leq 57.6$	0.34	0.30
$0.96 < m \leq 1.04$	$48 < m \leq 52$	0.67	0.64	$57.6 < m \leq 62.4$	0.59	0.56
$1.04 < m \leq 1.08$	$52 < m \leq 54$	0.40	0.36	$62.4 < m \leq 64.8$	0.34	0.30
$1.08 < m \leq 1.12$	$54 < m \leq 56$	0.28	0.24	$64.8 < m \leq 67.2$	0.22	0.20
$1.12 < m \leq 1.16$	$56 < m \leq 58$	0.23	0.18	$67.2 < m \leq 69.6$	0.22	0.18
$1.16 < m \leq 1.24$	$58 < m \leq 62$	0.23	0.18	$69.6 < m \leq 74.4$	0.23	0.18
$1.24 < m \leq 1.28$	$62 < m \leq 64$	0.29	0.23	$74.4 < m \leq 76.8$	0.39	0.30
$1.28 < m \leq 1.32$	$64 < m \leq 66$	0.37	0.28	$76.8 < m \leq 79.2$	0.50	0.38
$1.32 < m \leq 1.36$	$66 < m \leq 68$	0.46	0.35	$79.2 < m \leq 81.6$	0.64	0.48
$1.36 < m \leq 1.40$	$68 < m \leq 70$	0.57	0.43	$81.6 < m \leq 84.0$	0.79	0.58
$1.40 < m \leq 1.80$	$70 < m \leq 90$	0.68	0.51	$84.0 < m \leq 108.0$	0.95	0.69

C.1.4.2 플리커 영향과 관련된 레벨

표 4에 주어진 높은 우함수 고조파에 대한 레벨은 각 상호고조파 주파수의 지침으로 주어진다.

2급에 대한 레벨은 리플 제어기기의 존재를 고려하여 설정된다. 리플 제어 수신기(조명기기, 텔레비전 수신기)들은 일반적으로 산업영역에서는 사용되지 않는다. 3급에 대한 적합성 레벨은 더 높은 값이 요구된다.

주) 산업 환경 내에 이런 기기들이 존재한다면 그것들은 3급 배전망에 직접적으로 연결되지 않는다. 완화 방법은 C.2를 참조한다.

신호, 리플 제어 혹은 다른 민감한 기기들처럼 방해의 위험이 있는 곳에서는 상호고조파에 대해 특별한 주의가 필요하다. 리플 제어 수신기의 동작 주파수가 국부적으로 지정되어 있을 경우에는 2 급 환경이 적절하다. 이러한 수신기의 응답 레벨은 공칭 공급전압의 0.3 %보다 아래가 될 수 있을 것이다. 이 수치보다 초과하게 된다면, 지정된 동작 주파수에서 수신

기는 원하지 않는 상호고조파 전압으로부터 방해받을 수도 있다.

전원 통신 혹은 리플 제어시스템의 동작 주파수에서 상호고조파 적합성 레벨은 정의되어 있지 않다. 동작 주파수에서 방사 레벨은 공칭 공급전압의 0.2 % 이내로 제한되어야 하며 기기의 내성은 송신기와 배전망의 조건에 해당하는 특정 표준에 따라 정의되어야 한다. KN 61000-2-2를 참조한다.

3급 환경에서의 사용은 3급 환경과 공공 배전망 사이의 결합통로의 동일화 또는 분리시스템의 설계와 같은 더 많은 연구를 필요로 한다.

상호고조파의 높은 레벨은 3급 설비내결합점을 대표한다. 특히 컨버터와 같은 종류의 기기를 말한다. 높은 레벨은 11차 이하 주파수에서 2.5 %보다 높을 수도 있으며 25차 이상에서는 1 %까지 이른다. 발생원으로 인해 그들 값은 일반적으로 진폭과 주파수가 요동치고 빠르게 변화한다. 이러한 이유로 커패시터 뱅크 및 수동필터에서 공진의 원인이 되기도 한다.

레벨이 사용되는 산업용 배전망 어디에서나 역울 보정 커패시터가 직렬 리액터를 통해 연결되어야 하며 특히, 3급 설비내결합점에 연결되어야 한다.

C.2 완화 방법

전력 컨버터 방사를 줄이는 것은 일반적으로 복잡하다. 민감한 기기의 사용이 요구되고 불가피한 곳에서는 민감한 기기의 공급회로와 전력컨버터의 공급회로 사이의 효과적인 완화방법으로 필터나 무정전장치(UPS)와 같은 기기의 도입이 가능한 해결책이 될 수 있다.

전력 변환의 목적이 적절한 기본 주파수를 생성하고자 할 때는 상호고조파의 넓은 스펙트럼이 예상된다. 컨버터의 출력이 가변 주파수에서 동작을 하게 될 때 전 스펙트럼에 걸쳐 퍼져 있는 상호고조파가 가장 복잡한 양상이다.

컨버터의 입력과 출력 사이의 완벽한 분리가 불가능하기 때문에 이러한 상호고조파가 나타난다. 최고 진폭 성분은 일반적으로 저주파 혹은 극저주파에서 나타난다.

컨버터의 내부동작 모드에 의한 또 다른 것이 있다. 펄스폭 변조(PWM) 작동 컨버터의 잘 알려진 예는 반도체기기를 제어하기 위한 스위칭 주파수와 연관된 상호고조파의 방사를 보여준다. 이 스위칭 주파수는 고정될 수도 있고 제어기술에 따라 조정될 수도 있다. 이러한 상호고조파들은 앞의 것보다 높은 주파수에 있다. 그들은 일반적으로 쉽게 여과될 수 있다.

C.2.1 방사 레벨의 감소

간접컨버터의 선택은 가변 주파수를 만드는 전력컨버터 과정에 의해 방사되는 상호고조파를 간단히 여과시킬 수 있게 해준다. 실제 간단한 여과는 컨버터 본래 구조의 내부 여과효과를 증가시킴으로써 달성될 수 있다. 출력과 입력 사이의 그런 분리를 증가시킴으로써 상호고조

파 전류진폭을 감소시킬 수 있다.

대형 컨버터의 경우에는 비경제적인 방법이다. 그러나 외부여과의 대책으로써 연구될 필요가 있다. 외부여과는 수동여과 혹은 능동여과가 사용될 수 있다.

특히, 수동여과는 주파수 스펙트럼에 걸쳐 상호고조파가 퍼져 있을 때, 방사 스펙트럼의 폭에 특별히 주의를 기울여야 한다. 반(anti)공진 여과작용의 위험성이 너무 높아 수동여과기를 사용한다면 반드시 완화시켜야 한다. 일반적으로 대형 전력 설비들에서 여과시스템을 정의하는 신중하고 완전한 연구가 이루어져야 한다. 또한 수동여과기는 각각 독립적으로 작동될 수 없고 리액턴스 전력보상과 단독적으로 동작될 수 없다. 그리고 수동여과기가 사용될 때 모든 설비가 고려되어야 한다.

능동여과는 특히 저주파 혹은 극저주파 범위에서 효율적인 해결책을 제공해준다. 여과는 저조파 혹은 상호고조파에 대해 효과적이다. 능동여과의 주요 장점은 여과되는 주파수에 맞게 자동 적용된다는 것이다. 이 장점은 그 제어를 위한 고유한 것이다. 그 제어란 보상된 전류나 제거된 전압으로부터의 고조파 성분을 우선 추출해내기 위한 제어를 말한다. 반도체기기 제어의 2번째 기능은 전력단계에서 적용된 펄스폭변조(PWM)기술의 수단으로써 보상 혹은 제거를 위한 동작이다. 그러나 특별한 명령에 의해 동작되는 수동여과기와는 달리, 능동여과기는 광대역필터로서도 고려될 수 있다. 그것들은 직류에서 수kHz에 이르는 고조파(혹은 상호고조파) 방사를 감소시켜 기본 주파수 전압과 전류가 아무런 영향을 받지 않게 해준다.

그러나 펄스폭변조로 동작되는 컨버터는 스위칭 주파수(필요하다면 제거될 수 있음.)와 연관된 주파수에서의 상호고조파 방사를 발생시킨다.

C.2.2 내성 증가

제품 기준은 적합성 레벨에 맞는 내성 허용기준을 설정해준다. 그러나 적합성 레벨은 여전히 고려중이며 관련 제품표준이 유효하지 않을 때, 기기의 오동작을 야기하는 민감성에 대한 해결책은 방해를 받는 기기에 대한 제어부분의 제공과 적절한 여과작용이 발견되기도 한다. 급전시스템을 비롯한 동기화가 요구되는 기기를 위해, 기본 주파수에서 조정된 대역통과 여과기의 수단으로써 동기회로를 위한 적절한 여과작용이 제한되어 있다. 이것은 일반적으로 낮은 전력 레벨의 회로에 영향을 미친다.

가장 효율적인 해결책은 회로의 용도에 따라 각 회로들을 적절히 분리하는 것이다. 산업용 배전망에서는 이러한 분리가 산업현장-사무실, 적절히 분류된 다른 부하들 사이의 산업현장-내에서 항상 이루어져야 한다. 이러한 분리는 정확한 분리와 전 설비의 여과의 설계를 용이하게 하며 가장 기술 적이고 경제적인 보완이 목적이다.

C.2.3 리플 제어시스템의 보호

리플 제어시스템 또는 전원 통신으로 사용되는 주파수의 일치는 전기사업자에 의해 유효성

이 입증 되어야 한다.

설비의 공통결합점(PCC)에서 두 가지 측면이 고려되어야 한다.

- 최대 방사 : 신호시스템에 방해로 미치지 않는 전체 설비에 허용된 최대 방사
- 최소 임피던스 : 신호시스템의 특정 주파수에서, 신호시스템의 전송기능에 적용할 수 있다.

만약 특정 수동필터 혹은 분리시스템이 설치되어 있다면 넓게 퍼져 있는 고조파에 대비하여 반공진현상을 피할 수 있도록 주의해야 한다.

C.3 고주파에서의 전압

50차 이상, 9 kHz 이내의 고조파 주파수대역 내에서 전압파형의 왜곡은 정현파 성분으로 나타낼 수 있다. 이 정현파는 불연속 주파수와 광대역 주파수에서 발생한다. 고주파 전압의 경우에는 그것들이 고조파이든지 상호고조파이든지 별로 중요치 않다.

50차 이상, 9 kHz 이내의 고조파에서 이산 주파수를 위한 레벨은 그 주파수에서의 실효와 전압의 기본성분의 실효값의 비율 u 로 표기된다.

50차 이상, 9 kHz 이내의 고조파 주파수대역에서 레벨은 중심주파수 F 에서 200 Hz 대역폭과 연관이 있으며 다음과 같이 표기된다.

$$u_b = \frac{1}{V_{IN}} \times \sqrt{\frac{1}{200 \text{ Hz}} \times \int_{F-100\text{Hz}}^{F+100\text{Hz}} V^2(f) \times df}$$

여기에서

V_{IN} : 기본파 성분의 실효값

$V(f)$: 주파수 f 의 실효 전압

F : 중심 주파수(50차 고조파 이상의 대역)

경험으로 비추어, 아래 주어진 기준 레벨의 80 % 혹은 90 %까지의 레벨은 산업용 배전망에 맞도록 발표되어 있다.

$u = 0.2 \%$, 2급 설비내결합점(IPC)에서

$u = 1 \%$, 3급 설비내결합점(IPC)에서

$u = 0.3 \%$, 2급 설비내결합점(IPC)에서

$u = 1.5 \%$, 3급 설비내결합점(IPC)에서

그리고 위의 값들을 초과하는 값을 가진 배전망은 몇몇 문제점들이 보고되었다.