

중앙집중형 전력계통에서의 전력품질 규제

정 교 범

(홍익대 전자전기공학과 부교수)

1. 서론

중앙집중형 발전방식 또는 대규모 집중형 전원은, 발전에 사용되는 연료나 기술형태에 상관없이 비교적 대규모의 발전을 통하여 전력을 생산하고, 전력을 필요로 하는 원거리 수요지로 송배전망을 통하여 전력을 송배전하는 형태이다. 그리고 분산형 에너지 또는 분산형 전원은, 전력이 필요로 하는 곳에 비교적 소규모 발전설비를 분산/배치하여 전력을 생산하고 공급함으로써, 기존의 송배전망에 대한 추가 투자를 피할 수 있는 장점이 있으며, 태양광 발전, 연료전지, 마이크로 터빈, 풍력발전과 같이 소규모 환경친화적인 특징을 갖고 있다.

80년대 말부터 전력산업에 대한 규제가 해제되고, 각종 고성능/고정밀의 장비를 사용하면서 전력 품질(Power Quality)에 대한 연구가 시작되었으며, 국내에서도 전력전자학회, 전기학회, 한국조명설비학회를 중심으로 많은 연구가 수행되어져 왔다. 전력품질은 전력시스템에 발생하는 전자기(電磁氣) 외란 현상으로, 전력계통에 공급되는 전압 및 주파수의 특성을 나타낸다. 따라서, 전력품질은 주로 공급받는 전력의 특성에 의해 결정되지만, 낙뢰와 같은 정전기방전, 전자파장애, 기기 오조작, 폭서 및 흑한과 같은 온도, 오염, 진동 및 결선 탈락 등과 같은 다양한 원인에 의해서도 영향을 받는다.

본 글에서 중앙 집중형 전력계통은 중앙집중형 발전방식에 의해 구성된 대규모 전력시스템을 의미하며, 전력 품질을 결정하는 주요한 항목에 대하여 특성을 기술하고, 관련된 권고안(규제)를 소개하고자 한다.

자는 전력계통 내의 발전, 송전, 변전설비를 24시간 감시운영하면서, 무정전 공급을 도모하고, 실시간으로 수요전력과 공급전력을 일치시키면서 전력 품질을 유지한다. 이를 위해서, 계통전압 특성은 기준전압 $\pm 2.5\%$, 주파수 특성은 60 ± 0.1 [Hz]로 유지한다.

전력계통 내의 주파수 제어를 통하여 유효전력의 수급의 균형을 유지할 수 있다. 이를 위하여, 각 발전기는 조속기(governor)를 이용하여 회전속도를 조절하고, 출력전압의 주파수를 제어한다. 또한 통신을 이용하여, 경제 급전을 위해서 산정된 최적출력 배분값을 기본값으로, 계통주파수를 자동으로 제어하고, 발전연료비를 최소화한다.

전력계통 내의 전압제어를 통하여 무효전력의 수급의 균형을 유지한다. 무효전력의 효율적 배분을 통하여, 적정전압의 유지, 유효전력의 손실 및 발전기 출력을 최소화, 전력계통의 안정도 개선을 도모한다.

수요전력과 공급전력의 일치를 통하여 중앙집중형 전력계통의 전력 품질을 개선시키기 위해서는, 다양한 용량과 비선형 특성의 전기기기가 연결되어 있는 전력시스템 내에서 발생하는 각종 전자기적 외란에 대한 명확한 정의를 필요로 한다. IEEE 1159는 전자기적 외란의 전형적인 특징과 관련된 용어를 규정하였으며 표 1과 같다.

표 1에서 언급된 전력품질과 관련된 외란은 정전, 임펄스, 과전압(Swell), 순시전압강하(Dip 또는 Sag), 고조파, 플리커 등으로 요약할 수 있으며, 일본전기학회 기술보고에 의하면, 전력품질 발생 원인의 빈도는 표 2와 같다.

2. 중앙집중형 전력계통의 전력품질

중앙집중형 전력계통의 전력 품질을 유지하기 위해서, 공급

3. 전력계통 내의 고장

전력계통 내에서 발생하는 고장 중에서, 지락고장이 전체고

표 1 전력계통 내의 전기자기적인 외란의 특성

장애요소		주파수특성	지속시간	전압크기	
과도현상	임펄스	Nanosecond	5ns rise	<50ns	
		Microsecond	1us rise	50ns-1ms	
		Millisecond	0.1ms rise	>1ms	
	진동	저주파	<5kHz	0.3-50ms	0-4pu
		중간주파	5-500kHz	20us	0-8pu
		고주파	0.5-5MHz	5us	0-4pu
단기간 전압변동	순시	전압강하	0.5-30cycle	0.1-0.9pu	
		과전압	0.5-30cycle	1.1-1.8pu	
	순간	정전	0.5-3cycle	<0.1pu	
		전압강하	30-cycle-3s	0.1-0.9pu	
	일시	과전압	30-cycle-3s	1.1-1.4pu	
		정전	3s-1min	<0.1pu	
		전압강하	3s-1min	0.1-0.9pu	
		과전압	3s-1min	1.1-1.2pu	
장기간 전압변동	장기적인 정전		>1min	0.0pu	
	부족전압		>1min	0.8-0.9pu	
	과전압		>1min	1.1-1.2pu	
전압불평형			정상상태	0.5-2%	
파형의 왜곡	DC offset			정상상태	0-0.1%
	고조파		0-100kHz	정상상태	0-20%
	내부 고조파		0-6kHz	정상상태	0-2%
	Notching			정상상태	
	잡음(Noise)		광대역	정상상태	0-1%
전압 요동(Flicker)		<25kHz	간헐적	0.1-7%	
전력 저주파 변동			<10s		

표 2 전력품질발생 원인(일본전기학회기술보고 인용)

원인	고조파	정전	플리커	순간전압강하	이상전압	전압변동	불평형	기타
빈도(%)	47%	11%	11%	8%	8%	4%	4%	7%

표 3 전압의 크기에 따른 접지 종류

접지의 종류	기기의 구분	접지 저항
제1종 접지	특고압 및 고압용 기기의 철대, 외함 등의 접지	10 Ω 이하
제2종 접지	특고압 및 고압선로와 저압선로를 결합하는 변압기의 중성점 또는 단자	150 Ω / 1선 지락전류
제3종 접지	400V 이하의 저압기기의 철대, 외함 등의 접지	100 Ω 이하
특별제3종 접지	400V 이상의 저압기기의 철대, 외함 등의 접지	10 Ω 이하

장의 70~80%를 차지하며 지락고장을 초기에 차단하지 못하면 건전상의 이상전압발생으로 다른 전력설비를 손상시키게 되고 이로 인해 단락고장으로 발전하여 고장점을 직렬로 하는 전원측 변압기 및 차단기 등의 수명을 단축시키거나 손상시키는 등, 전력품질에 치명적인 영향을 준다. 전력계통 내의 지락 고장은, 1선 지락 사고가 대부분을 차지하고 있으며, 적절한 접지를 통해서 대지전압의 이상 상승을 억제하고, 보호계전기에 의한 지락 검출 및 고장 구간 선택 및 차단을 통해서 전력기기의 사고 파급을 방지한다.

4. 썬지 문제

전력계통 내에 발생하는 썬지는, 전력선을 따라서 전파되는 급속히 증가하고 서서히 감소하는 특성을 지닌 전압 또는 전류의 과도 파형으로서, 반복하여 발생하면 계통내의 기기를 열화시키면서 서서히 파괴하고, 강한 썬지는 충분한 대비책이 없다면 기기를 일거에 사용 불가능의 상태로 파괴시킨다. 따라서 고품질의 전력 공급을 위해서, 계통 내의 한지점에서 발생한 썬지가 타지역으로 전파되는 것을 차단할 필요가 있으며, 썬지의 발생원인에 의해 다음과 같이 구분된다.

- ① 자연현상 - 직격뢰, 간접뢰, 유도뢰, 방전
- ② 개폐 및 기동 - 개폐썬지, 기동썬지, ESD, NEMP

또한 전이과정에 따라서 전도성 썬지, 유도성 썬지 및 전파성 썬지로 구분되며, 형태에 의해서 전류형 썬지와 전압형 썬지로 구분된다.

자연현상에 의한 썬지에 대한 대비책으로는 피뢰침과 접지를 사용한다. 이 중에서 접지는 썬지로부터의 기기 보호뿐만 아니라, 인체의 안전 및 기준 전위점의 설정을 통한 기기의 정상적인 동작을 위해서 매우 중요하다. 접지는 설치 목적과 장소에 따라서 전원접지, 지역접지, 통신 및 신호접지, 보안 접지로 구분되며, 접속방법에 따라서 직렬접지, 병렬접지, 직병렬접지로 구분되거나, 독립접지, 공통접지의 2가지 방식으로 구분된다. 표 3은 전기설비기술기준에 의한 전압의 크기 및 접지저항에 따른 접지의 종류이며, 우리나라에서 적용되는 접지방식은 다음과 같다.

- ① 직접접지(다중방식) - 송전선로(765kV, 345kV, 154kV), 배전선로(22.9kV), 저압계통
- ② 저항접지 - 발전기 중성점, 구내 배전설비
- ③ 비접지 - 송전선로(66kV), 배전선로(22kV 일부), 공장(22kV, 11kV, 6.6kV, 3.3kV)

5. 순시전압강하 문제

표 1의 IEEE Std. 1159에서는 순시전압강하를, 최대 지속 시간 1분 미만의 전력계통 내에서 발생하는 전압 강하를 순

시, 순간, 일시로 구분하여 규정하고 있다. 일본 전기협동 연구 보고서에 의하면, 전압 강하(Voltage Dip)는 전력계통을 구상하는 송전선에 낙뢰 등의 고장이 발생하면, 보호계전기 및 차단기의 협조에 의해 전력계통에서 고장을 제거하기 전까지, 고장점을 중심으로 전압이 저하하는 현상으로 규정하고 있다. 순시전압강하의 발생원인은 낙뢰, 지락 및 기기 오손과 같은 전력계통 내의 각종 사고와 산불 등의 자연재해, 장거리 구내 배전선로, 대형 전동기의 기동 전류, 아아크로 가동 등으로 인하여 발생한다.

순시전압 강하가 부하의 동작에 미치는 영향은, CBEMA (Computer and Business Equipment Manufacture's Association) 전력민감도 곡선(그림 1 참조)에 의해서 정의되는 전력공급 지속 영역에 의해서 정의될 수 있으며, 순시전압강하의 발생이 전력계통에 미치는 영향은 다음과 같다.

- ① 수은등과 같은 조명기기의 소등
- ② FA, OA 기기의 메모리 손실 및 프로그램 오동작
- ③ 싸이리스터 인버터의 전류(轉流)실패와 같은 각종 반도체 스위칭 기기의 오동작
- ④ 전자 접촉기 여자 상실로 인한 접점의 개방

전력계통 내에서 발생하는 고장에 의한 순시전압강하의 방지 대책으로는 이중모선 방식, 전원설비의 다중화, 피뢰기 설치 및 접지 저항 저감 등의 방법이 있으나, 순시전압강하는 부하 측에서 대비책을 마련하는 것이 현실적이고 합리적인 방법이며 표 4와 같다.

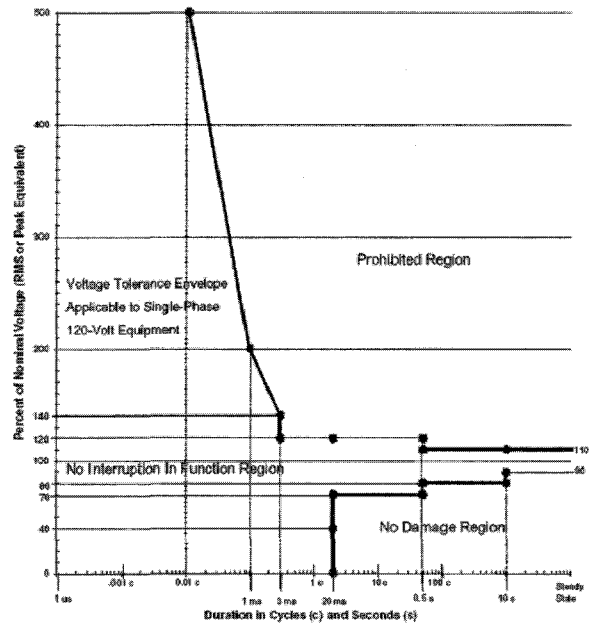


그림 1 2000년 개정된 ITI(CBEMA) 곡선

표 4 순시전압강하 대비책

공급자 대비책	수용가 대비책	기기별 대비책
배전선 절연화	계통선로의 사고파급 방지	기기별 UPS
가공선 지중화	3권선 보상 변압기 방법	부족전압계전기
설비 보강	동기조상기 및 리액터	가변속전동기
耐外損 기자재 사용	가포화 리액터	
배전 자동화 시스템 구축	무효전력보상기(SVC)	

표 5 한전 전기공급 규정

구분 전압	지중선로가 있는 변전소에서 공급		가공선로만 있는 변전소에서 공급	
	전압왜형율(%)	등기방해전류(A)	전압왜형율(%)	등기방해전류(A)
66 kV 이하	3%	-	3%	-
154 kV 이하	1.5%	3.8	1.5%	-

표 6 IEEE 519 고조파 전압 기준

회로전압	개별 고조파 성분	Total Harmonic Distortion
69kV 이하	3%	5%
115kV-161kV	1.5%	2.5%
161kV 이상	1%	1.5%

6. 고조파 문제

최근 전력전자 기술과 관련된 설비로 인하여 계통 내에 유입되어 전파되는 고조파가 증가하고 있다. 고조파의 발생원은 반도체 스위칭 소자를 이용한 각종 응용기기, 회전기기, 변압기, 전기로 등이 있으며, 고조파에 의한 피해는 다음과 같다.

- ① 전력기기의 과전압에 의한 소손, 과전류에 과열, 소음, 진동
- ② 전력계통 내의 공진
- ③ 보호계전기의 오동작 및 파손
- ④ 통신유도 장애 및 고조파에 의한 각종 장애

전력품질을 유지하기 위하여, 전압 왜형율과 전력선 인근의 통신선에 대한 고조파 전류의 영향을 나타내는 등기방해 전류에 대한 규제치가 설정되어 있으며, 한전전기공급 규정과 IEEE 기준 권고안은 표 5, 표 6과 같다.

7. 잡음(Noise)

노이즈는 전기전자 기기의 동작주파수와 다른 전압, 전류 즉 기본주파수 이외의 정상적인 동작을 방해하는 불필요한 에너지를 말한다. 수 Hz에서 수 GHz에 이르는 광대역의 스펙트럼 크기를 갖는 전기적 신호인 노이즈는, 전력계통 내에서 고조파, 설비의 오동작, 접지 불량 등에 의해서 발생할 수 있다. 전력계통 내에서 발생한 노이즈는, 전자기(電磁氣)적인 간섭에 의해서 전기전자 회로의 기능을 방해하고 모니터 흔들림 현상, 전자장비의 오동작, 컴퓨터 오동작과 같은 현상과 같은 전자파 장애(EMI)를 발생시킨다. 노이즈는 전파 경로에 따라서 전도성 노이즈, 방사성 노이즈로 구분된다. 전자파 적합성(EMC)은 다른 기기에 영향을 주는 노이즈의 방출을 하지 않는 동시에, 전자파 환경하에서 노이즈의 영향을 받지 않는 상태에서 정상적인 동작을 수행하는 것을 의미한다. EMI/EMC는 국가별로 대책을 마련하고 있으며, 전자파 내성은 일반적으로 IEC의 특별위원회인 CISPR(International Special committee on Radio Protection)의 규정에 따라 시험하여 기준에 적합한가를 평가한다.

전자파장해(EMI) 시험은 배선을 통하여 방사되는 전자파를 측정하는 전도장해(CE) 시험과 공중으로 방사되는 전자파를 측정하는 방사장해(RE) 시험으로 2가지 시험이 있다. 전자파 내성(EMS)시험은 기계의 제어장치의 오작동 가능성에 대한 각종 신뢰성시험으로 정전기방전시험, 방사내성시험, 전기적 빠른과도현상시험(EFT/Burst), 서어지내성시험, 전도내성시험, 순간정전시험 등 6가지 시험이 있다.

중양집중형 전력계통에서 전력품질을 개선하기 위한 방법으로 동기조상기, 캐패시터뱅크, Static VAR compensator, STATCOM과 같은 무효전력보상기와 UPFC와 같이 역률을 개선하기 위한 장비를 사용한다. 또한, 각종 고조파 제거용 수동필터 및 능동필터, 차단기와 같은 스위치류, Surge

8. 전력품질 개선 방법

중양집중형 전력계통에서 전력품질을 개선하기 위한 방법으로 동기조상기, 캐패시터뱅크, Static VAR compensator, STATCOM과 같은 무효전력보상기와 UPFC와 같이 역률을 개선하기 위한 장비를 사용한다. 또한, 각종 고조파 제거용 수동필터 및 능동필터, 차단기와 같은 스위치류, Surge

Arrester, 절연변압기, 무정전 시스템을 위한 ATS, UPS, 비상발전기 및 대규모 전력공급을 위한 HVDC 시스템을 이용하여 전력계통의 신뢰도를 향상시켜 전력품질을 개선시킨다. 고압송전선에서 발생한 전자파로부터 전기설비를 보호하기 위해서 차폐, 접지, 잡음 보상, 필터 설치 등의 방법을 사용한다. 그러나, 전력품질 저하의 원인을 명확히 규명하여야 하며, 이를 위해서 적절한 장소에 측정장치를 설치한 후에 데이터를 수집, 분석하는 작업이 선행되어야 한다.

9. 전력품질과 관련된 위원회 및 규격

산업이 발전함에 따라 요구되는 고품질의 전력을 공급하기 위한 기준의 필요성이 제기됨으로써, 국제적인 규모의 위원회를 구성하여 활발한 연구를 수행하고 있으며, 대표적인 위원회로는 IEEE, IEC, UIE, SEMI, CENELEC, UNIPED, ANSI, CIGRE, CIRED 가 있다. 이 중에서 SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International)는 주로 반도체 산업체와, CIGRE(International Council on Large Electric Systems)는 전력산업체와 관련되었다. IEEE를 중심으로 한 위원회 구성은 다음과 같다.

- IEEE SCC-22: Power Quality Standards Coordinating Committee
- IEEE 1159: Monitoring Electric Power Quality
- IEEE 1159.1: Guide For Recorder and Data Acquisition Requirements
- IEEE 1159.2: Power Quality Event Characterization
- IEEE 1159.3: Data File Format for Power Quality Data Interchange
- IEEE P1564: Voltage Sag Indices
- IEEE 1346: Power System Compatibility with Process Equipment
- IEEE P1100: Power and Grounding Electronic Equipment (Emerald Book)
- IEEE 1433: Power Quality Definitions
- IEEE P1453: Voltage flicker
- IEEE 519: Harmonic Control in Electrical Power Systems
- IEEE Harmonics Working Group
- Single-phase Harmonics Task Force
- IEEE P519A Guide for Applying Harmonic Limits on Power Systems
- Interharmonics Task Force
- Harmonics Modeling and Simulation Task Force

- Probabilistic Aspects of Harmonics Task Force
 - Surge Protective Devices Committee
 - IEEE P446: Emergency and standby power
 - IEEE P1409: Distribution Custom Power
 - IEEE P1547: Distributed Resources and Electric Power Systems Interconnection
- 전력품질과 관련된 특정 사안에 따라 구성된 위원회는, 목적에 맞는 연구활동을 통하여 권고안(규격)을 제정하고 있으며, 제정된 대표적인 규격과 내용은 다음과 같다.

◎ 전력품질의 측정

→ IEEE 1159-1995 IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality

IEEE 1159	Monitoring Electric Power Quality	
	1159.1	Guide For Recorder and Data Acquisition Requirements
	1159.2	Power Quality Event Characterization
	1159.3	Data File Format for Power Quality Data Interchange

◎ 저압 AC 전원회로(600V 이하)에서 서지의 특성 및 시험조건

→ ANSI C 62.41-1991 IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits

→ ANSI C 62.45-1992 Guide on Surge Testing for Equipment Connected to Low Voltage AC Power Circuits

◎ 전력계통 및 설비의 전압 규격과 단시간 전압변동에 대한 규제

→ ANSI C84.1-1995 (R2005) Electric Power Systems and Equipment - 최대전압 불균형을 3% 이내로 제한하였으며, 60Hz에서 정격전압 허용범위를 규정하였다(그림 2 참조).

◎ 69kV 이하의 전력계통에서 PCC(points of common coupling)에서 고조파 전압 및 고조파 전류, 플리커의 규제

→ ANSI/IEEE 519-1992, IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control In Electric Power Systems (전압 왜형율을 5% 이하로 제한함)

→ ANSI/IEEE C57.12: IEEE Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers (10MVA이하의 유입변압기에서 전부하(Full load)에서 전류왜

- 형율을 5%로 제한)
- ANSI/IEEE C57.110: Transformer derating for supplying non-linear loads (Harmonic Loss Factor 규정 및 50MVA 이하에서 전류왜형율을 5%를 초과했을 경우의 변압기 규제안)
- ANSI C82.1 Specification for High Frequency Fluorescent Lamp Ballasts (전류의 THD를 32%로 제한)
- ◎ 전력계통 내의 순시전압 변동에 대한 규제, 대처방안 및 고조파 문제
- IEEE Std 1250-1995 IEEE Guide for Service to Equipment Sensitive to Momentary Voltage Disturbances
- ◎ 산업 및 상업용 배전계통의 신뢰도 해석을 위한 가이드 제공
- IEEE Std 493-1997. IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems
- ◎ 일시 순시전압 강하, CBEMA 곡선 및 부정전 전력공급

- 가이드 제공
- IEEE Std 446-1995, IEEE Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications (The Orange Book)

◎ 접지

- ANSI/IEEE 1050, IEEE Guide for Instrumentation and Control Equipment Grounding in Generating Stations (발전소 내의 장비의 전자파 내성 및 보호 접지)
- IEEE Std 1100 IEEE recommended practice for powering and grounding electronic equipment (The Emerald Book) (전력품질에 민감한 산업용 및 상업용 전자 장비의 전력 공급 및 전력/신호 접지)

◎ 노이즈

- IEEE Std 518-1982 IEEE Guide for the Installation of Electrical Equipment to Minimize Electrical Noise Inputs to Controllers from External Sources

◎ UIE(International Union for Electricity Applications)에 의한 권고안

- UIE 22.87 Guide to quality of Electrical Supply for industrial Installations (다음과 같이 6개 주제로 구성되었다. Part 1: Introduction to EMC - Types of disturbances and relevant standards, Part 2: Voltage Dips and Short Interruptions, Part 3: Harmonics, Part 4: Voltage Unbalance, Part 5: Flicker, Part 6: Transient and Temporary Overvoltages and Currents)

◎ IEC에 의한 전자파장해 권고안

- IEC 61000 Electromagnetic compatibility (EMC) (IEC TC 77은 SC 77A, SC 77B, SC 77C의 3개의 소위원회로 구성되며, 전자파장해에 관한 전반적인 내용을 다루며 발간한 권고안은 표 8과 같다)

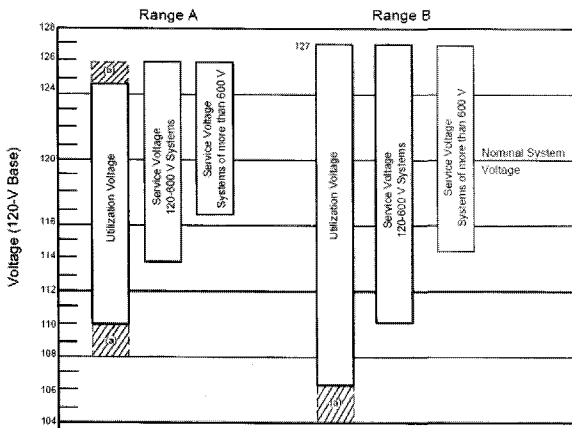


그림 2 ANSI C84.1에서 규정한 정격전압 허용범위

표 8 IEC 61000 Series

IEC Power Quality Standards		
IEC 61000	61000-1-x series	정의
	61000-2-x series	EMC Level
	61000-3-x series	Emission Level
	61000-4-x series	Immunity Level, 측정 및 시험방법
	61000-5-x series	Installation and mitigation
	61000-6-x series	Generic immunity & emissions standards
CISPR	CISPR 11	Limits for industrial, scientific and medical RF equipment, 0.15-30 MHz

10. 결론

본 글은 전력품질과 관련된 용어와 권고(규제)안에 대해서 소개하였다. 기술발전에 따라 개발된 각종 첨단 장비를 사용하는 산업체뿐만 아니라 일반 수용가에서도 신뢰할 수 있는 고품질의 전력을 요구하고 있다. 특별히 중앙집중형 전력계통의 경우는 대규모 전력이 수요자에게 공급되고 있으므로, 신뢰도뿐만 아니라 전력품질 저하라는 사고에 따른 책임소재의 규명을 위해서도, 전력품질과 관련하여 통일된 권고안이 필요하다. 전력품질과 관련하여 이루어지고 있는 국제적인 관심과 활동에 비교하여 국내에서의 활동은 아직 부족한 감이 있다. 그리고, 국내 전력전자 분야에 종사하는 연구/기술 인력은, 전력품질과 관련된 전(全)분야에 대한 관심보다는 부분적인 전력품질 문제에 대한 원인분석과 대책마련에 편중되어 있는 것 같다. 향후 전력품질의 전분야에 대한 관심과 다각적인 연구활동이 이루어져야 할 것이다. ■

참고 문헌

[1] W. E. Reid, "Power quality issues: Standards and guidelines," IEEE Trans. on Industry Applications, Vol. 32, No. 3, 1996, pp. 625-632.
 [2] 김재연 외 5인, "전력품질향상기기의 성능평가방안" 대한전기학회 학회지, 2004년 7월, Vol. 53, No. 7, pp.31-35.
 [3] 정용호 외 4인, "고장 전력품질향상기기 성능평가 시스템 구축", 대한전기학회 학회지, 2004년 7월, Vol. 53, No. 7, pp.24-30.
 [4] 이은웅, "첨단 기술에 앞서야만 하는 전력품질," 대한

전기학회 학회지, 2002년 10월, Vol. 51, No. 10, pp.37-43.

[5] 김재철, 윤상윤, "배전계통의 전력품질 및 신뢰도 평가의 방법," 대한전기학회 학회지, 2001년 3월, Vol. 50, No. 3, pp.24-31.
 [6] 김성덕, "전력품질의 진단과 분석기술 동향과 전망," 대한전기학회 학회지, 2001년 3월, Vol. 50, No. 3, pp.32-39.
 [7] 최재호, "전력품질 장애와 대책," 전력전자학회지, 2000년, 제5권 1호, pp.13-18.
 [8] 이승요, 최규하, "배전계통에서의 전압변동의 원인 및 대책," 전력전자학회지, 2000년, 제5권 1호, pp.19-28.
 [9] 김일환, 송승호, "풍력발전시스템에서의 전력전자기술 및 전력품질 평가," 전력전자학회지, 2003년, 제8권 4호, pp.21-25.

< 저 자 소 개 >



정교범(鄭敎範)

1983년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1985년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 Univ. of Florida(공박). 1992년~1993년 Virginia Tech(Post Doc.). 1993년~1995년 한국전기연구소 선임연구원. 2003년 Univ. of Florida 방문교수. 1995년~현재 홍익대 전자전기공학과 부교수. 당 학회 편집이사.