2005년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2005. 7. 18 - 20

전력계통 전력품질 통합진단시스템 개발

곽노홍 전영수 박상호 이일무 박희철
전력연구원 PSDTECH

The Development of Integrated Power Quality Diagnosis System for Power System

N.H Kwak Y.S Jeon S.H Park I.M Lee H.C Park
Korea Electric Power Research Institute PSD Tech., Inc.

Abstract - Recently, due to the increase of power conversion devices and nonlinear loads with the development of information, communication and control technologies, the instantaneous minute interruption factors such as voltage & current harmonics, surge occurring frequency, instantaneous voltage variation, voltage unbalance, flicker etc. have greatly threatened the power quality, and the deterioration of electric power facilities and the functional error of controllers are increasing. As such an instantaneous minute interruption appears to be small and local, accurate evaluation with measurement is difficult and total analysis system is required through a wide range of power quality effect analysis such as the simultaneous measurement on various power supply phenomena and the analysis on the interrelation with system loads. Most of conventional power quality diagnosis equipments have been developed and applied, which were able to measure the stability rate of frequency, the stability rate of voltage, the electricity-failure duration etc. However, they were insufficient to analyze the system present situation, understand the cause of the failure occurred by the problem of power quality and analyze out the phenomena.

Accordingly, this study will address the development of the system for a wide range of power quality diagnosis over the present level, the system for supporting the determination such as the analysis on risk factors, failure mode and impact, the system for harmonic evaluation based on international standards(IEC 61000 Series) and the total power quality diagnosis network & system with the extension and openness as a local and national-scale broadband power quality diagnosis system.

1. 서 론

현재 우리나라의 전력품질은 전기사업법에 근거하여 전력회사 측에서는 정전시간(정전횟수 포함), 전압 적정율(30분 평균전압), 주파수유지율에 대한 목표 관리치를 부여함으로써 적정하게 유지되어 왔다. 그러나 최근 정보·통신·제어기술의 발달에 따라 정보통신기기, 정밀제어기기, 사무자동화기기, 전산기기, 자동생산라인 등에 마이크로프로세서 및 전력용반도체소자의 대거 도입, 고효율 속도제어용모터와 역률보상용 콘덴서의 사용, 그리고 경제발전과 산업 활성화 등으로 인한 고정및 단일 대형부하의 증가, 도시중심으로의 변화에 따른 대규모 아파트단지의 등장, 단상 220V 가전제품의 대형화 등이 기존까지는 그다지 문제가 되지 않았던 전압·전류의 고조파성분, Surge 발생빈도, 순간전압변동, 전압 불평형, 순간정전, Flicker 등과 같은 순시적 미소외란이 전력품질을 크게 위협하고 있다. 이와 같은 순시적 미소외란은 그 외란의 크기가 작고, 순시적 국지적인 현상으로 나타나기 때문에 그 정확한 측정과 평가·진단이 어려워 이에 따른 전력품질 유지대책이 핫 이슈로 등장하고 있다. 이러한 순시성향의 전력품질 저하현상은 본격적인 정보화 사회가 실현되는 21세기에 돌입함에 따라 더욱 가속화되리라는 것을 생각할 때, 이에 대한 근본적인 대책이 필요하다.

2. 본 론

2.1 전력품질의 정의와 평가지수

전력품질이란, 전력회사의 측면에서 보면 공급신뢰도로서, 수용가측면에서 보면 수용가의 전기설비에 공급되는 전력의 상태(또는 특성)로서 정의될 수 있다. 전력품질의 정도를 나타내는 평가지표로서는 일반적으로 주파수유지율, 전압유지율 및 정전횟수(시간)등이 사용되어 왔으나, 최근에는 미소외란에 대하여 민감하게 영향을 받는 고도부하기기들에 대한 대책마련의 일환으로서 순시전압강하, 순시전압상승, 고조파, 전압불평형, 순간정전, Surge와 같은 미소외란의 요소들이 고려되고 있다. 다음은 전력품질의 평가지표대상인 순시전압강하 및 상승, 순시정전, 고조파왜형율, 순시전압변동 및 전압불평형에 대해서 살펴보기로 한다.

2.1.1 순시전압강하(Instantaneous voltage sag or dip)

일반적으로 단기간 전압강하란 정격주파수에서 지속시간이 0.5cycle에서 1분정도, 전압강하의 정도가 실효치기준 0.1~0.9p.u.인 현상을 말한다. 이 중에서 특히 지속시간이 0.5~30cycle정도가 되는 전압강하현상을 순시전압강하라고 말한다.

2.1.2 순시전압상승(Instantaneous voltage swell)

전압상승은 정격주파수에서 지속시간이 0.5cycle에서 1분정도 전압크기가 실효치 기준 1.1~1.8p.u.정도로 되는 현상을 말하며, 이중에서 지속시간이 0.5~30 cycle정도까지로 되는 현상을 순시전압상승이라고 한다.

2.1.3 순시정전(Instantaneous Interruption)

단기간정전은 공급전압이나 부하전류가 1분을 초과하지 않는 시간 범위내에서 0.1p.u.미만으로 감소하는 현상을 말하는데, 특히 그 지속시간이 30cycle이하의 경우를 순시정전이라고 규정하고 있다. 이것은 계통사고나 기기사고, 기기의 오동작등에 의해 일어나며, 전압크기가 항상 정격전압의 10%이하인 관계로 지속 시간만에 의해 측정된다.

2.1.4 고조파(Harmonics)

고조파는 공급계통의 기본주파수의 정수배의 전압 또는 전류로써, 왜곡된 파형은 기본파와 고조파의 합으로 분리할 수 있다. 고조파왜형은 전력계통의 부하와 기기의 비선형적인 특성에 의하여 발생되며, 이 왜형은 각 차수 조파성분의 크기와 위상각으로 표현되는 고조파 스펙트럼에 의해 나타내어진다.

2.1.5 전압불평형(Voltage Unbalance)

전압불평형은 보통 삼상 전압 또는 전류의 평균치에 대한 최대편차로 정의되며, 그 최대편차를 삼상 전압 또는 전류의 평균치로 나눈 비율(%)로 나타낸다. 또한, 이 전압불평형은 대칭분요소를 사용하여 정의할 수 있는데, 정상분요소에 대한 역상분요소 또는 영상분요소의 비율에 의해 불평형율을 나타낼 수도 있다.

대칭좌표법을 이용한 전압불평형은 식 1과 같다.

$$\text{불평형율} = \text{역상분전압} \div \text{정상분전압} \times 100(\%) \quad (1)$$

$$= \text{등가단상부하의 크기} \div \text{계통삼상단락용량} \times 100(\%)$$

전압불평형에 의한 피해는 주로 삼상 유도전동기의 과부하, 역상 토오크, 역상전류에 의한 권선 가열로 나타나는데, IEC에서는 저압계통의 전압불평형율의 한계치를 2%로 보고 있다.

2.1.6 전압변동(Flicker)

전압변동이란 일련의 랜덤한 전압변화로서, 그 크기는 ANSI C84.1-1982에서 규정된 변동범위인 0.9~1.1 p.u.를 벗어나지 않는 현상을 말한다. IEC에서도 여러타입의 전압변동을 정의하고 있는데, 그중에서 IEC61000-3-3에서 일련의 랜덤 또는 연속적인 전압변화가 이에 해당한다고 할 수 있다.

부하전류의 크기가 연속적이고 빠르게 변화하는 부하는 종종 Flicker라고 불리는 전압변화현상을 유발시킬 수 있다. 여기서 Flicker라는 말은 전압변동에 의해 램프의 껌뻑거림이 인간의 눈에 의해 감지되는데서 유래되었다. 기술적으로 정확하게 말하자면, 전압변동은 전자계현상으로 부하에 있어서 바람직하지 않은 전압변동의 결과이다. 그러나 전압변동과 Flicker는 표준규격에서 자주 연결되어 사용되고 있어 이러한 전압변동을 전압Flicker라는 어휘로 표현하고 있다.

2.2 전력품질 저하에 따른 피해액 추정

순시성향의 전력품질의 외란 크기가 작고, 그 현상도 국지적으로 나타나는 경우가 많아 정확한 측정 및 평가·분석이 어려워 각 수용가의 정확한 피해내역을 파악하기가 어렵지만, 이들의 사회·경제적인 피해 비용을 설문자료 등에 의해 분석된 자료를 제시하면 다음과 같다.

2.2.1 국외

미국의 보고서(EPRI, 1993년)에 의하면 순시성향의 전력품질저하에 의해 많은 수용가에서 피해를 입는 것으로 보고되고 있는데, 그 피해액은 년간 약 260억불(약 23.4조원)정도로 추정되고 있다.

현재 국내의 경우 전력품질저하에 의한 자동화기기의 오동작사례가 보고되고 있으며, 정전피해에 대한 보상요구가 제기되고 있지만 진상조사나 대책수립이 조직적으로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 차후 정보·통신산업의 발전 및 사회의 고도화로 인해 이들 피해비용은 앞으로 더욱 증가할 것으로 예상된다.

2.2.2 국내

국내의 대전력수용가(계약전력 1MW이상)는 약 4,600호정도이며, 이들 수용가의 1%에 해당하는 수용가에 대해 설문조사를 한 결과, 전력품질 저하(기존의 정전이 아니고, 순시성향의 전력품질)에 의해 년간 약 27~65억원 정도의 손실이 발생하는 것으로 분석되었으며, 이를 토대로 한 국내 전체의 피해액은 년간 약 2,700~6,500억원 정도에 달할 것으로 추정하고 있다.

2.3 전력품질 통합 진단시스템 개발

한국전력공사 전력연구원에서는 PSDTECH와 공동으로 전력품질 최적 진단을 위한 데이터 수집방안 개발과 측정 데이터를 이용한 전력품질 해석 및 모델 개발을 포함한 전력품질 통합 진단시스템을 개발하고 있으며 주요 개발 내용은 다음과 같다.

- 신호처리 Aanlog 장치개발
- 전력품질 해석 알고리즘 개발
- 중앙처리 및 분석 S/W 개발
- 현장시험 및 적용

2.3.1 PQ Meter

개발 중인 PQ Meter는 256 Sampling/cycle의 성능을 가지고 있으며 자체적으로 Sag, Swell, Flicker와 같은 전력품질 진단이 가능하도록 개발하고 있다.

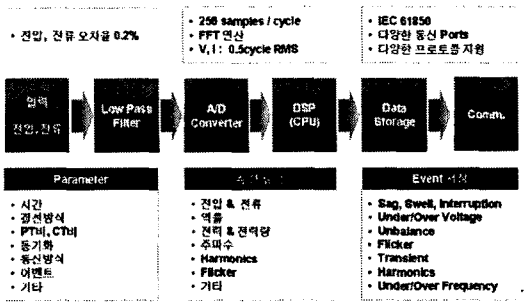

그림 1 PQ Meter 시스템

2.3.2 HMI 시스템

개발 중인 HMI 시스템은 개방형 시스템으로써 사용자 어플리케이션과 데이터 상호교환이 가능하도록 개발되고 있으며, PQ Meter와의 데이터 교환으로 10 Feeder 이상에 대한 동시측정으로 계통전반에 대한 사고원인을 규명할 수 있다. 또한 전력품질 오염원에 대한 방향추정으로 인해 전력품질 향상에 관한 통합적인 대책수립이 가능하다. HMI 시스템의 전체계통 감시화면은 그림2와 같다.

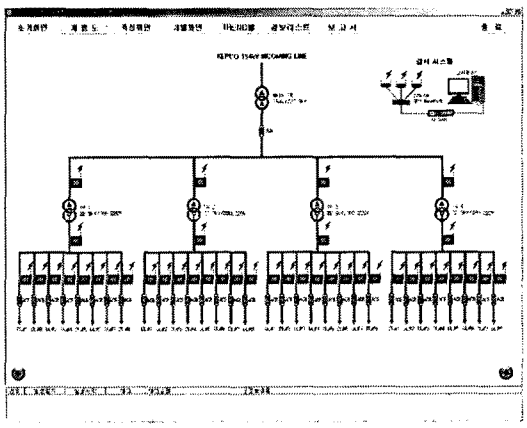

그림 2 전체계통감시화면

2.3.3 전력품질 통합진단시스템 개발 추진체계

전력품질 최적 진단을 위한 데이터 수집방안 개발과 측정 데이터를 이용한 전력품질 해석 및 모델 개발을 위한 기술개발 추진체계는 그림 3과 같다.

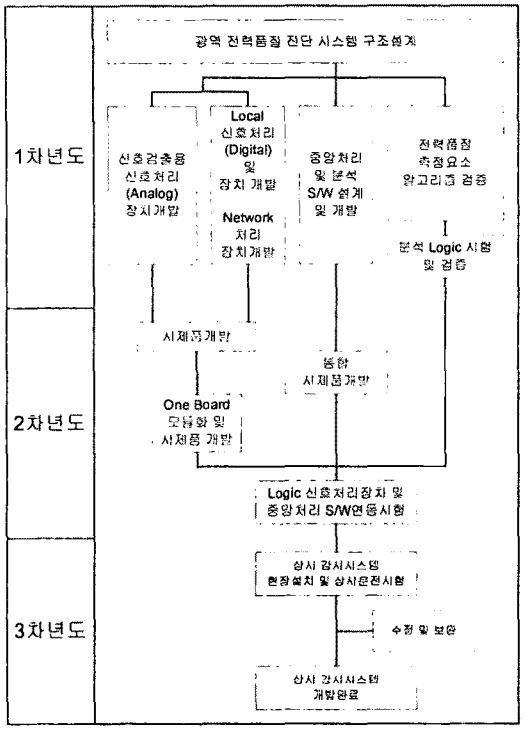

그림 3 기술개발 추진체계

3. 결 론

계통의 현재 상황을 분석하고, 전력품질의 문제로 사고 발생 시 원인을 파악하거나 현상을 분석하기 위한 광역 전력품질 진단시스템 및 해석기법 개발은 다음과 같다. 첫째, 계통품질저하 원인 규명가능한 지능형 분석 시스템 개발(광역 전력품질 진단 시스템 개발)로 송·배전급 통합 다채널 전력품질 진단 시스템으로 개발하고, 국제 규격인 IEC 61000 Series,와 EN50160에 의한 평가 알고리즘을 탑재하며, 광범위한 네트워크와의 연계 가능한 운영 및 분석 S/W을 개발하는 것이다. 둘째, 전력품질 데이터 관리 방안과 해석기법 개발을 위해 전력품질 최적 진단을 위한 데이터 관리 방안을 모색하여 개발하고, 전력품질 데이터를 이용한 전력품질 해석 기법 및 모델링을 개발하는 것이다.

따라서, 다음 표1에 나와 있는 평가방법 수준의 성능을 지닌 광역 전력품질 진단시스템을 개발하고 있다.

표 1 주요성능 Spec에 관련된 평가

평가항목 (주요성능 Spec[1])	단위	전체항목에서 차지하는 비중[2](%)	세계최고 수준 보유국/보유기업 (/)	기술개발전국내수준	평가방법[3]
			성능수준	성능수준	
동시측정여부	Feeder	30	-	-	현장적용평가
고조파 측정	차	10	63 (미국/PML)	49	현장적용평가
Sag,Swell 측정	-	10	가능 (미국/PML)	-	현장적용평가
Flicker 측정		10	-	-	현장적용평가
전압/전류오차	%	10	0.2 (독일/siemens)	0.5	공인기관시험 현장적용평가
샘플링주파수	kHz	5	7.68 (독일/Siemens)	7.68	공인기관시험
데이터메모리	MB	5	4 (미국/PML)	4	현장적용평가
.Net기반 운영 S/W	-	5	-	2	다중 Platform 지원여부
무선망 취속	Mbps	10	-	-	현장적용평가
24/7 운전	%/Week	5	가능 (미국/Microsoft)	-	현장적용평가

[참 고 문 헌]

[1] J Arrillaga, N R Watson, S Chen, "Power System Quality Assessment", John Wiley & Sons

[2] Math H. J. Bollen, "Understaning Power Quality Problems, Voltage Sags and Interruptions", IEEE Press

[3] S. Sntila, K. Kivikko, P. Trygg, A. Makinen and P. Jarventausta, "Power Quality Monitoring of Distributed Generation Units Using a Web-based Application", Tampere University of Technology, Institute of Power Engineering.