

우리나라 전력계통 데이터의 신뢰도에 관한 고찰

안재승, 손운태, 이창규
한국전력거래소

The Study on The Data Reliability for Korean Power System

Jae-Seung Ahn, Yun-Tae Son, Chang-Gyu Lee
Korea Power Exchange

Abstract - 전력계통의 특징은 살아있는 생명체같이 유기성을 가지고 있고 전력의 생산과 소비가 동시에 이루어지며, 특히 우리나라의 경우 경인지역에 전력수요가 집중되어 있고 타 전력계통과 연계가 어려워 독립된 계통으로 운영되고 있다. 2001년 이후 전력시장이 전력계통과 동시적으로 운영되고 있는 상황에서 이들을 안정적으로 운영하기 위한 데이터의 신뢰도는 더욱 중요성이 부각되고 있다. 전력계통에 대한 수많은 연구가 이루어지고 있으나 전력계통 데이터의 신뢰도에 대한 연구는 거의 이루어지지 않는 실정이다. 본 논문에서는 전력계통에서 데이터의 신뢰도와 그 중요성에 대하여 서술하였으며 전력계통 데이터의 부정확으로 인한 데이터의 신뢰도 저하시 전력계통에 미치는 여러 가지 문제점에 대하여 고찰해 보았고 데이터의 신뢰도를 향상시키기 위한 여러 가지 방안에 대하여 검토하여 보았다.

1. 서 론

전력계통 데이터의 신뢰도란 전력계통 및 전력시장의 안정한 운영을 위하여 관련컴퓨터를 통해 처리되는 데이터의 정확성과 완벽성으로 정의할 수 있다.

SCADA 시스템에서 부정확, 불완전 또는 진부한(Obsolete) 데이터는 전력계통 운영 시스템에 심각한 영향을 끼친다.

전력계통 데이터는 전국에 산재한 발전소, 변전소로부터 통신네트워크를 통하여 전력거래소의 EMS(Energy Management System) 시스템으로 실시간적으로 취득되어진다. 데이터의 미취득 및 취득 오류 등의 데이터 신뢰도 저하원인으로 인하여 전력계통을 심각한 운영 상태로 까지 만들 수 있으며 발전비용의 증가를 가져올 수도 있다. 이들에 대한 몇 가지 사례를 이해 증진을 위하여 제시하였다.

전력계통 데이터의 신뢰도를 향상시키는 방안에 대하여 특별한 기능을 활용하는 방법이나 틀에 대한 제시보다 일반적으로 활용하는 방법에 대하여 제시하여 보았다.

전력계통 데이터의 신뢰도를 향상시키는 방안들에 대하여 이것을 수학적 모형으로 나타내기는 대단히 어렵기 때문에 일반적으로 성과결과가 만족할만한 방법을 제시하였다.

2. 전력계통 데이터의 신뢰도

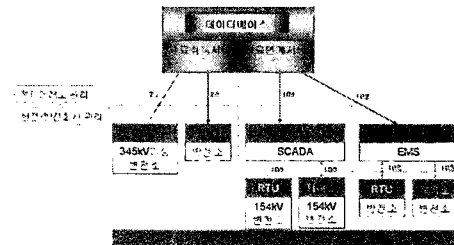
2.1 전력계통 데이터 및 자료취득 체계

전력계통의 모든 데이터는 EMS에서 실시간으로 전력계통을 운영하기 위하여 발전소 또는 변전소로부터 대부분 2초(또는 SCADA의 자료연계의 경우 10초) 이내에 취득되어진다. EMS는 전국의 모든 20MW 이상의 발전소 및 154kV 이상의 변전소로부터 데이터를 취득하며 취득하는 데이터의 종류는 [표-1]과 같다. 또한 EMS 자료의 취득체계를 간략하게 표시하면 [그림-1]과 같이 나타낼 수 있다.

[표-1] EMS 취득자료 및 주기

발전소	발전기 : 발전단 및 송전단 유효/무효전력, 단자전압(2초), 전력량(1시간)
	소내소비 : 유효전력(2초) 송전선로 : 유효전력, 무효전력(2초) 모선 : 모선전압(2초) 개폐기 : 차단기 및 단로기 상태(2초) AGC 상태 : Auto/Manual, High/Low Limit(2초)
변전소	모선 : 모선전압(2초) 송전선로 : 유효전력, 무효전력(2초) 변압기 : 유효전력, 무효전력, 변압기 탭(2초) 조상설비 : 무효전력(2초)
	개폐기 : 차단기 및 단로기 상태(2초) SCADA 연계 : Status, Analog(10초) 기타 : HVDC 전압, 유효전력 등(4초)

[그림-1] EMS 자료취득체계



취득데이터의 퀄리티 유지기준은 표-2와 같이 정의하여 운영하고 있다.

[표 2] 취득자료 품질유지 기준

모선	100MW, Mvar 이상 : 실제값과 조류편차 2% 미만
	100MW, Mvar 미만 : 실제값과의 조류편차 2MW, Mvar 미만
발전기	345kV 이상 : 실제값과의 전압편차 3kV 미만
	154kV 이상 : 실제값과의 전압편차 2kV 미만
기타	250MW, Mvar 이상 : 실제값과의 출력편차 5MW, Mvar 미만
	250MVar 미만 : 실제값과의 출력편차 2% 미만
Status	발전기 전압 : 실제값과의 전압편차 0.5kV 미만
	M.Tr Tap, Gen Hi/Low Limit : 허용오차 없음
Status : 차단기, 단로기 : ON/OFF 상태	

2.2 전력계통 데이터의 신뢰도

전력계통 데이터의 신뢰도란 전력계통 및 전력시장의 안정한 운영을 위하여 관련컴퓨터를 통해 처리되는 데이터의 정확성과 완벽성으로 정의할 수 있다.

신뢰도란 발견된 에러범위 허용범위 이내-관련 위험(Risks)의 평가가 수행되고 발견된 에러가 계통운영 틀에 불합리한 결과를 야기할 만큼 심각하지 않다는 것을 의미한다. 만일 데이터가 완전(Complete)하고 일관성

(Consistent)이 있고 정확(Accurate)한 경우에 신뢰성이 있는 것으로 간주한다.

SCADA 시스템에서 부정확, 불완전 또는 진부한(Obsolete) 데이터는 전력계통 운영 시스템에 심각한 영향을 끼친다. 데이터와 정보는 급전원이 계통운동을 하는 데 매우 중요하다. 잘못된 데이터는 데이터가 없는 것 보다 더 나쁜 영향을 끼치게 되므로 충분한 데이터 품질 체크가 필수적이다.

품질는 서로 다른 레벨이 정의되어야 하며 최소한 다음의 4가지 이상의 레벨로 나타낼 수 있다.

- 가. 의심 또는 오류 데이터(Suspect or Erroneous Data)
- 나. 분실된 데이터(Missing Data)
- 다. 부정확 데이터(Inaccurate Data)
- 라. 사용가능 데이터(Credible Data)

실시간 제어 및 감시 시스템의 데이터 품질을 저해하는 주요 요소는 다음과 같다.

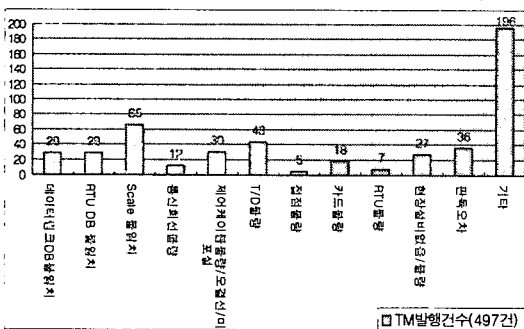
- 가. 계량기 정확도
- 나. 커뮤니케이션 장애
- 다. 데이터 취득 동기화
- 라. 시스템 Downtime
- 마. 절차 상 문제
- 바. 설계 상 문제

데이터 신뢰도 평가(assessment)는 전력계통 운영자가 어플리케이션의 결과 값을 받아들이기 전에 수행해야 할 매우 중요한 과정이다. 신뢰도 평가를 수행함에 있어 두 가지 측면이 중요한데 그것은 언제 수행하느냐와 어떻게 수행하느냐이다. 신뢰도 평가의 최종 목표는 취득 데이터를 기반으로 하고 있는 다양한 어플리케이션 결과(SE, CA, PF, SCOPF(Security Constrained Optimal Power Flow) 등)들의 정확도를 향상시키기 위한 것이다. SE, CA, PF와 같은 어플리케이션들은 정확하고 실시간으로 업데이트 되는 다양한 종류의 데이터(아날로그 및 디지털 값)를 필요로 한다.

2.3 데이터 신뢰도 저하시 문제점

전력계통 데이터의 신뢰도를 저하시키는 요인들을 2006년도 전력계통 운영중 발행한 TM(Trouble Memo)의 건수를 통계한 결과를 [그림-2]에 분류하여 나타내었다. TM발행은 전력계통 현장에서 발생한 데이터의 오류 등에 대한 문제점을 나타낸 것이다.

[그림-2] TM발행 건수로 분류한 오차원인('06년도)



[표-3]에 표시한 수치는 EMS 내부에서 발생한 각 서버별 장애건수를 백분율로 표시한 것이다.

[표-3] EMS 각 서버별 장애 점유율('06년도) [%]

구분	HOST	TFE	OAG	HIS	WEB	SMP	기타	합계
장애건수	5.5	46	9.5	1.5	15	14.5	8.0	100

EMS설비 내부에서 발생한 장애로 인한 데이터의 신뢰도는 EMS설비의 가동률과 매우 밀접한 관계가 있다.

EMS 종합가동률이 100%인 경우에는 컴퓨터시스템으로 인한 데이터의 신뢰도에 전혀 영향을 미치지 않았음을 의미한다.

$$\text{EMS 종합가동률} = \frac{\text{시스템 정상운용시간}}{\text{시스템 총 운용시간}} \times 100(\%)$$

EMS에서 현장 발전소 및 변전소로부터 취득하는 데이터의 신뢰도는 데이터의 취득률로도 표시할 수 있다.

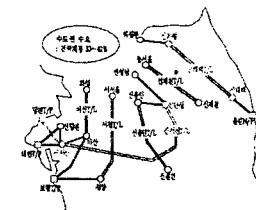
$$\text{데이터 취득률} = \frac{\text{정상취득 포인트 수}}{\text{총 취득 포인트 수}} \times 100(\%)$$

2006년도 우리나라 EMS종합가동률 및 데이터 취득률은 각각 99.98[%], 98.45[%]로 기록되었다.

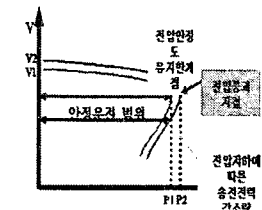
데이터 취득 오차나 오류로 인한 데이터 신뢰도 저하로 인하여 전력계통에 미치는 영향에 대하여 몇 가지 예제를 들어보았다.

전압불안정에 의한 송전제한 안정성저하의 문제와 관련하여 [그림-4]에 수도권 융통전력 송전제한 선로현황을 나타내었고, [그림-5]에는 실제 운전전압보다 취득데이터 값이 높을 경우 계통불안정 상태로 송전선로고장이 발생할 경우 전압붕괴로 인한 광역정전 발행가능성에 대하여 나타내었다.

[그림-4]수도권 융통전력



[그림-5]전압안정도 한계



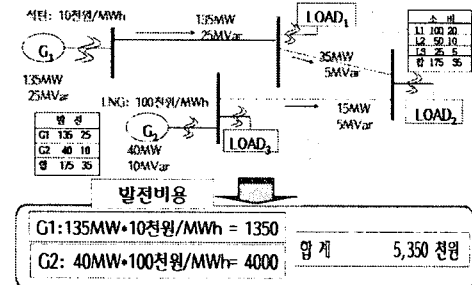
[표-4]는 취득 데이터 오류에 따른 EMS 컴퓨터 내부에서 계산된 송전손실계수(P.F)의 부정확한 산정으로 발전비용이 증가하는 경우의 예를 나타내고 있다.

[표-4]송전손실계수 부정확한 산정으로 발전비용 증가

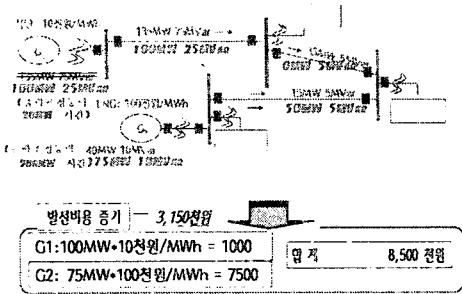
구분	연료비 단가	송전손실계수 (P.F)	P.F적용시 연료비 단가
수도권발전기	54.00	0.9575	51.71
비수도권발전기	51.00	1.0212	52.08

전력시장의 운영으로 전력계통의 비정상적인 데이터(아날로그 및 스테이터스)의 취득에 따른 결과로 발전비용의 증가를 가져올 수 있으며 발전전력시간 분쟁의 소지도 야기할 수 있다.

[그림-6]정상적인 발전기 출력 및 소비량



[그림-7] 발전측 불량 아날로그 값에 의한 영향



2.4 데이터 신뢰도 향상 방안 고찰

다음은 전력거래소에서 2006년도에 실시한 전력계통 데이터의 신뢰도를 제고할 수 있는 여러 가지 방안들을 고찰한 후 실시한 결과들이다.

1. 취득 데이터 포인트에 대한 일제 점검 실시
취득 데이터 포인트의 일제점검을 약5개월간 실시하여 오차 발생 데이터를 수정함으로써 불량 데이터의 취득을 사전에 제거하였다.

회사명	총포인트 수	오차 발생 포인트		
		AI	DI	계
한전	38,805	278	33	311
발전사	6684	330	20	350
합계	45,489	608	53	661

2. EMS시스템의 위험정보에 대한 로그분석
위험 적인 악성코드는 존재하지 않았으나 일일평균 15건의 위험정보가 존재하였다.
3. EMS 각종 서버 및 중요 프로세스에 대한 통합감시시스템(SMS) 운영
4. 하절기 대비 EMS시스템 일제점검기간을 통해 전력계통 취득데이터의 유효성점검으로 데이터 취득률 향상(목표대비 1.02%향상)을 얻을 수 있었다.
5. 전력계통의 현장 데이터에 대한 오류 및 불량에 대한 TM 발행사항에 대한 신속한 조치를 위하여 TM발행시스템에 등재된 사항을 발행 즉시 TM시스템에서 현장 담당자의 휴대폰으로 자동 연락함으로써 조치시간 단축할 수 있었다.
6. CT/PT 등의 현장설비에 대한 2년 1회의 주기적인 점검을 시행하도록 규정을 정비함으로써 현장설비의 정확도 증가가 예상된다.

전력계통 운영자는 거대한 시스템이 제대로 동작하며 효율적으로 움직이도록 운영한다. 따라서 이에 바탕이 되는 데이터가 믿을 만하고 신뢰성을 가져야 한다는 점이 무엇보다도 중요하다. 그러므로 계통 운영자가 불량(bad) 데이터를 걸러내고 관련된 원인을 찾아낼 수 있는(특히 해킹이나 테러공격 시) 믿음만한 틀이 필요하다. 또한 불량 데이터가 하위 시스템에 미치는 영향을 계산하고 어떻게 해소하며 데이터를 수정할 것인지에 대한 방법도 필요하다.

향후 전력거래소는 상태추정(SE) 프로그램을 통한 전력계통데이터의 신뢰도 개선을 위하여 토폴로지 상태추정 프로그램(Topology Estimator)을 연구개발계획을 추진할 계획이다. 토폴로지 SE는 기존 SE에서 해결할 수 없었던 차단기의 상태까지 추정할 수 있는 강력한 문제 해결 툴로 알려져 있다.

3. 결 론

전력계통 데이터의 신뢰도를 향상시키는 것은 전력계통의 안정성을 향상시키는 물론 전력시장의 안정운영에도

크게 기여함을 알 수 있다. 본 논문에서는 전력계통에서 사용되는 데이터의 종류, 취득주기, 자료취득체계 및 취득자료의 품질유지 기준에 대하여 나열하였으며, 전력계통 데이터의 신뢰도를 저하시키는 원인별 분류와 신뢰도 저하 시에 나타날 수 있는 여러 가지 문제점들에 대하여 살펴보았다. 또한 전력계통의 데이터 신뢰도를 향상시킬 수 있는 여러 방법 중에서 일반적으로 많이 활용하면서 효과적인 방법들에 대하여 고찰하여 보았다. 전력계통 데이터의 신뢰도를 향상시키기 위하여 2006년도에 전력거래소에서 시행한 현장 데이터의 취득률을 향상시키는 방안과 EMS시스템의 가동률을 향상시키는 방안을 함께 고려하여 전력계통 데이터의 취득과 컴퓨터 시스템 가동률을 동시에 향상시키는 방안을 강구하여 보았다.

[참 고 문 헌]

- [1] 전력거래소 번역본, "Data Reliability", Topic #9 of VLPGO(Very Large Power Grid Operators) Working Group #1 백서, Page(s):463-467
- [2] Yang Haijing, Yang Yihan and Zhang Dongying "The Structure and Application of Flexible SCADA", Power Engineering Society General Meeting., IEEE, 18-22 June 2006
- [3] 전력거래소, 2006년도 전력IT 운영실적 분석
- [4] 전력거래소 번역본, "Lessons learned from utilization of classical real-time tools such as state estimation, OPF, security analysis,... different ways to improve their efficiency", Topic #5 of VLPGO(Very Large Power Grid Operators) Working Group #1 백서, Page(s):451-458