

변전소내 Bad Data Processing에 관한 연구

진보건 최인선 현승호 이승재
 명지대학교 차세대 전력기술연구센터

A study of bad data processing application in the substation

B.G.Jin, I.S.Choi, S.H.Hyun, S.J.Lee
 Myungji University NPTC

Abstract - It is very necessary to adopt bad data processing in order to maintain the security and the reliability of data acquisition and management in the substation. This paper presents a bad data processing method of per module unit by using rule based system. The propriety of this method has been verified by the case study.

1. 서 론

변전소가 자동화되고 기기들이 IED화됨에 따라 데이터의 량이 방대해지고 있으며 데이터의 신뢰도의 중요성도 날로 높아지고 있다. 변전소에서 중요한 역할을 하는 S/W가 증가하고 이러한 S/W들이 신뢰성있는 데이터를 요구하고 있어 BDP(Bad Data Processing)의 필요성이 증가하고 있다. 이전의 BDP에서는 수치 해석적인 방법이 주로 사용되었으나 이는 연산량이 많고 그 방법 또한 어려움이 커 사용하기 어려워 오류 데이터 검출시 계산 양을 줄이기 위해서 계통을 축약하는 많은 연구들이 진행되었다[1][2]. 또한 BDP에서 변전소 계통의 특징을 이용하여 계통을 축약하는 연구들이 진행되었다[3][4]. 변전소 내의 계통의 축약 및 수학적 계산을 특징을 이용하여 문제를 좀 더 간단하게 하는 방법들도 연구되었다[5][6]. 또한 IED를 염두에 둔 미래의 변전소에서 오류 데이터 검출의 양을 줄이기 위한 방법도 연구되었다[7].

변전소의 데이터는 그 특징에 따라서 몇 가지로 분류가 가능하다. 우선 데이터의 취득방법에 따라 분류하면 CT, PT, CB와 같은 측정 장치가 존재하여 실시간으로 변전소에 저장되는 데이터와 자동 측정 장치가 없는 switch정보, 변전소의 구성정보와 같이 실시간이 아닌 사람의 손으로 입력되어진 데이터로 나눌 수 있으며 특징에 따라 분류하면 CT, PT에서 측정된 측정 데이터와 CB, DS등과 같은 topology 데이터와 변압기, 부하, 선로 등과 같은 parameter 데이터로도 나눌 수 있다. 본 논문에서는 많은 데이터중 측정데이터만을 그 대상으로 하고 있으며 BDP를 위하여 오류가 발생하는 원인을 분석하고 이에 대한 인과관계를 파악하였으며 오류데이터를 찾을 수 있는 rule을 제시하였다.

오류데이터의 판단 시 전체데이터를 일괄적으로 처리하게 되면 데이터의 처리량이 많아지므로 빠른 판단이 불가능해지게 되므로 본 논문에서는 module이라는 개념을 이용하여 변전소 전체가 아닌 module을 중심으로 오류를 검출하고 필요시 이 module을 확장하여 변전소 내의 오류데이터를 검출할 수 있는 방안을 제시하였다.

제시한 틀은 그림 3과 같은 측정점이 13개 존재하는 변전소 모델에서 검증하였으며 이때 오류데이터는 두개 까지 동시에 발생할 수 있다는 가정하에서 시험하였고 그 결과 만족할만한 결과를 얻었다.

2. 본 론

2.1 용어의 정의

Module : 측정점에서 연결된 측정점으로 이루어진 집합

Good Data : 오류가 없는 것으로 판단된 데이터

Bad Data : 오류가 있을 수 있는 데이터

측정오차 : 측정 장치(CT, PT 등)의 문제로 인하여 발생하는 오차

전달오차 : 측정된 데이터를 말단으로부터 station computer까지 전달하는 과정에서 발생하는 오차

2.2 데이터 오류의 종류

본 논문에서는 측정데이터의 bad data를 대상으로 하고 있으며 이러한 데이터의 오류를 크게 나누면 전달 오류와 측정오류로 나눌 수 있다.

표 1 오류의 종류 및 그 원인

오류의 종류		오류의 원인
측정 오류	CT	CT의 측정 오류
	PT	PT의 측정 오류
전달 오류	I	I 전달 오류
	V	V 전달 오류
	P	P 전달 오류
	Q	Q 전달 오류

표 1은 오류의 종류가 되는 6가지의 측정오류 및 전달오류와 각각의 원인을 나타내었다.

2.3 각 데이터 오류시 증세

각각의 오류가 발생함에 따라 특별한 증세가 존재하며 이러한 오류와 증상들 사이의 인과관계를 파악함으로써 특별한 증세가 발생하였을 때 이러한 증세들이 어떠한 오류들로부터 발생하였는지를 알 수 있다.

오류에 대한 증세들을 표2에서 정리하였으며 전압 및 전류의 측정오류가 발생하였을 때 유효전력과 무효전력에서 문제가 발생하는 이유는 측정된 전압전류로부터 유효전력과 무효전력을 계산하기 때문이며 전압의 경우에는 각각의 측정점에 PT가 설치되어있는 것이 아니라 BUS별로 PT가 설치되어 있으며 이 데이터를 가져옴으로써 PT에서 오류가 발생하면 연결된 측정점의 전압이 모두 오류가 발생하게 되고 이로부터 계산된 유효전력과 무효전력에서 오류가 발생하게 된다.

표2를 살펴보면 각 전달 오류에서는 오류가 난 데이터와 자체평가가 bad data로 판명됨을 알 수 있다.

표 2 오류의 종류에 따른 증세

오류의 종류	증세
V 전달 오류	Module내에서 하나의 전압이 다름 자체 평가가 bad로 판정
V 측정 오류	Module간의 전압이 다름 Module을 통과하는 유효전력의 합계가 0이 아님 Module을 통과하는 무효전력의 합계가 0이 아님 자체 평가가 good으로 판정
I 전달 오류	Module을 통과하는 전류의 합계가 0이 아님 자체 평가가 bad로 판정
I 측정 오류	Module을 통과하는 유효전력의 합계가 0이 아님 Module을 통과하는 무효전력의 합계가 0이 아님 자체 평가가 good으로 판정
P 전달 오류	Module을 통과하는 유효전력의 합계가 0이 아님 자체 평가가 bad로 판정
Q 전달 오류	Module을 통과하는 무효전력의 합계가 0이 아님 자체 평가가 bad로 판정

2.4 데이터 오류 인과 Tree

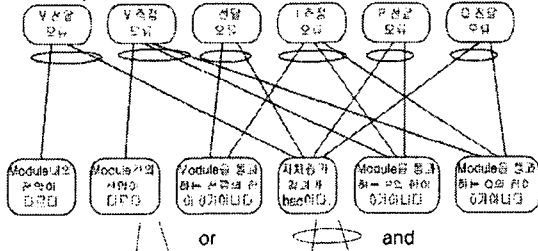


그림 1 인과 tree

그림 1은 bad data와 실제 오류와의 인과관계를 표현한 것이며 이를 이용하여 추론엔진을 구성할 수 있다. 위의 인과 Tree를 이용하여 각 오류원인에 따라 제시 rule을 적용했을 때 나타나는 bad data의 종류를 알 수 있으며 반대로 bad data가 발생하였을 때 발생 가능한 오류의 종류도 알아낼 수 있다.

2.5 판단 Rule

계통의 측정값으로부터 BDP을 할 때는 기본적으로 모든 데이터는 신뢰할 수 없다는 전제조건하에서 각각의 데이터를 평가하면서 완벽히 신뢰할 수 있는 데이터만을 good data로 판단함으로써 데이터의 신뢰도를 높였다.

판단 rule은 If로 표현되는 조건부에서는 Test하려는 대상과 Test방법이 제시되고 Then으로 표시되는 결론부에서는 조건에 맞는 룰을 제시한다.

- ex) Rule 1
If (module내의 전압이 모두 같지 않다.)
then module내의 전압은 Bad Data
- Rule 9
If ($VI^* = P + jQ$ 가 만족하지 않는다)
then 측정점의 모든 데이터는 Bad Data

Rule 1은 전압의 전달오류를 체크하는 rule이며 rule 9는 측정오류인지 전달오류인지를 체크하는 rule이다.

판단은 각 측정점에서 이루어지며 각각의 판단 rule의 성립여부에 따라 판여한 데이터들은 모두 good

data 혹은 bad data로 판단되며 전압의 경우 bad data로 판단되었을 경우 전압의 참값을 알 수 있으므로 오류데이터를 버리고 그 대신 참값을 대입하며 전압과 전류가 good data이고 P, Q가 bad data이면 P, Q값도 전압, 전류값으로 계산한다.

2.6 판단 방법

취득데이터의 판단시 모든 데이터는 bad data로 가정하게 되고 rule을 적용시켜나가면서 각각의 데이터의 신뢰도를 평가하면서 확실히 정확한 데이터만을 good으로 판단하고 의심의 여지가 남아있다면 bad로 판단함으로써 판단결과의 신뢰도를 향상시켰다.

계통의 취득데이터에서 발생하는 오류는 하나만 발생할 수도 있으나 그 이상의 오류데이터가 동시에 발생할 가능성이 존재하므로 본 논문에서는 2개까지의 오류데이터가 동시에 발생한 경우까지를 대상으로하였으며 전체적인 판단 방법은 변전소 인입단의 측정 점에서 시작하여 인출 단까지 측정 점을 중심으로 이루어지며 각 측정점에서 전압의 체크가 수행되며 그 후 전류를 체크하고 그 결과 전압과 전류가 모두 good이면 자체평가를 하고 자체평가가 good이면 다음 측정 점으로 넘어가고 그렇지 않은 경우에는 P, Q값 중에 bad가 발생하였음을 알 수 있으므로 P, Q값을 전압, 전류값을 이용하여 계산하여 입력하게 되며 전압, 전류값 중에 bad가 존재할 경우에는 P, Q값을 체크하게 된다. 그 결과 P, Q값중 하나 이상이 good이면 자체평가를 수행하고 그 결과가 good이면 bad로 판단한 데이터를 good으로 바꾸어준다. 이러한 순서로 모든 측정 점을 체크하게 되면 최종적으로 모든 데이터의 오류여부를 알 수 있게 된다. 그 값이 변화되면 변화된 데이터에 관련된 rule은 다시 수행된다.

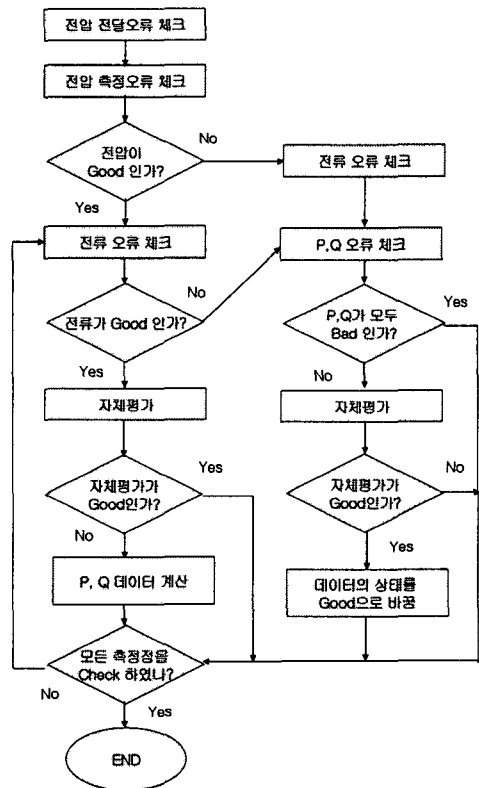


그림 2 순서도

2.7 사례연구

사례계통은 다음 그림4와 같은 변전소 계통에서 측정점은 총 13개가 존재하며 각 측정점에서의 데이터는 V, I, P, Q의 4가지 데이터를 측정한다. 오류 데이터는 전달 오류만이 발생했을 경우와 측정 오류만이 발생했을 경우 그리고 이 두 가지 오류가 동시에 발생했을 경우를 상정하여 제시한 방법의 타당성을 검증하였다. 본 논문에서는 그 중 3가지의 사례를 예로 들었다.

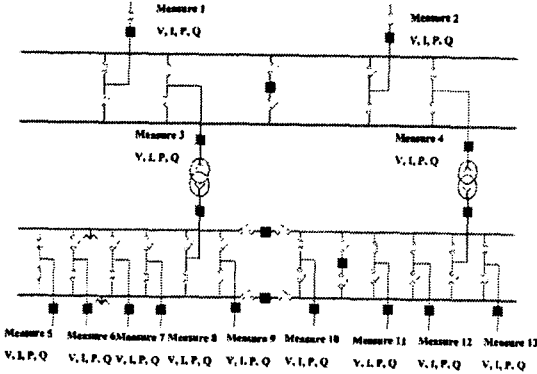


그림 3 예제 계통

표 3 사례연구별 오류의 종류

	측정점	오류의 종류
Case 1	Measure 3	전류 측정오류
	Measure 5	전압 측정오류
Case 2	Measure 1	P 전달오류
	Measure 4	전류 전달오류
Case 3	Measure 2	전압 전달오류
	Measure 12	전류 측정오류

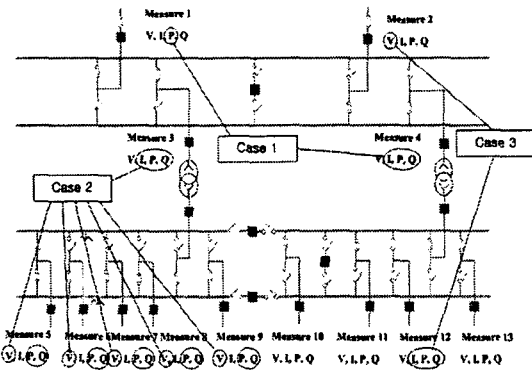


그림 4 Case별 Bad Data

2.7.1 Case 1

오류체크의 순서는 measure 1에서 시작하여 measure 2, 3, ..., 11, 12, 13의 순서로 이루어지게 되며 우선 measure 1에서 전압을 체크하면 good으로 판단되고 전류를 체크하면 처음 module내에서 오류를 판단하면 measure 1,2,3,4에서 bad로 판단되나 다음 module을 확장하여 measure 1,2,3,10,11,12,13에서 판단하게 되면 전류값은 good으로 판단된다. 다음 자체 평가에서 bad로 판단되어 P,Q값을 전압, 전류값을 이용하여 계산하며 measure 2, 3은 모두 good으로 판단되며 measure 4에서는 전류가 bad로 판단되고 P,Q값도 bad로 판단된 후 다른 측정점에서는 bad가 발견되지 않는다.

2.7.2 Case 2

Case 2의 경우 measure 1의 경우 모든데이터가 good으로 판단되며 measure 3의 경우case 1과같이 전류, P, Q가 bad data로 판단되며 measure 5~9에서는 전압체크에서 PT오류를 알 수 있고 이를 정확한 데이터로 변환함으로써 모두 good으로 판단되었다.

2.7.3 Case 3

measure 2에서의 체크시 전달오류가 발견됨으로써 그 값을 변환하였으며 다음으로 전류를 체크하면서 measure 10~13의 전류값이 bad로 판단되고 다음으로 measure 10~13의 P, Q값을 체크하게 되면 모두 bad로 판단되어 더 이상 판단이 불가능해 진다.

현재 변전소 인출단의 측정점에서 전류의 측정 오류가 발생하면 데이터의 부족으로 인하여 데이터의 오류 유무를 판단할 수 없다.

제시한 알고리즘은 말단의 전류측정오류를 제외한 다른 오류에 대해서는 정확하게 판단하였다.

3. 결 론

변전소에서의 bad data processing을 이전의 수치 해석적인 방법이 아닌 rule based system을 이용하는 방안을 제시하였으며 이 방법은 각 데이터의 상태를 good data와 bad data로 나누고 이를 간단한 rule을 적용하여 판단해봄으로써 그 데이터의 오류여부를 판단할 수 있다. 제시한 rule based system을 사례연구를 통하여 검증하였고 그 결과 말단에서 전류의 측정 오류를 제외한 모든 경우에 bad data를 찾아낼 수 있었다. 본 논문에서 제시한 방법은 앞으로 변전소자동화에 적용되어 데이터의 신뢰도를 높혀 줄 것으로 기대되며 앞으로는 topology 데이터의 오류검출에 대하여 연구할 것이다.

[감사의 글]

본 연구는 과학기술부 및 한국과학재단의 ERC 프로그램을 통한 지원으로 이루어졌으며 이에 감사함을 드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] A.Monticelli, "Modeling circuit breakers in weighted least squares state estimation", IEEE Trans. power syst., 1993
- [2] A.Monticelli, A. Garcia, "Modeling zero impedance branches in power system state estimation", IEEE trans. power syst. 1991
- [3] A.Monticelli, "The impact of modeling short circuit branches in state estimation", IEEE Trans. power syst., 1993
- [4] L. O. Chua, C. A. Desoer, and E. S. Kuh, "Linear and Nonlinear circuit" New york:McGraw-Hill, 1987
- [5] A. Gomex-Exposito and A. de la Villa, "Reduced substation models for generalized state estimation", IEEE trans. power syst., 2001
- [6] August 2002, Antonio de la Villa Jaen and Antonio Gomez-Exposito, "Implicitly constrained substation model for state estimation", IEEE transactions on power system, Vol. 17, No.3
- [7] Sasa Jakovljevic, Mladen Kezunovic, "Advanced substation data collecting and processing for state estimation enhancement", IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, 2002 IEEE , 201-206, Vol. 1 , 21-25 July 2002.