

등호제약조건을 이용한 계통 해석 및 고장판단 계산 구현

논 문
58-11-4

Calculation of Network Analysis and Fault Decision using Equality Constraint Condition with MATLAB

양민욱* · 김건중[†] · 황인준**
(Minuk Yang · Kernjoong Kim · Injun Hwang)

Abstract - The power system state estimation and prediction are very important for operation. Because that accidents of the Power system are the cause that many devices and etc are damaged. Currently, almost every power systems have 2nd,3rd back-upsystem for prevention of accident. But prevention of accident by miss-operation, due to operator or miss data, has not acounter plan. Because, we need to estimate the power system for correcting miss data and preventing miss operation by operator. We suggest algorithm for integrity of power system network data.

Key Words : Power system network analysis, SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition, Prevention power system accident, Power system network state estimation.

1. 서 론

전력 계통에서 정보는 On/Off를 표시하는 차단기의 Digital 정보와 측정으로 얻어지는 Analog 정보가 있는데 이 두 정보를 토대로 감시/제어 시스템에서 화면으로 운영자에게 보이게 된다. 하지만 이러한 정보가 잘못된 정보일 경우 이를 판단하고 실제 장비가 고장인지 취득된 정보가 잘못된 것인지 판단하는 것이 필요하다. 현재는 계통해석이나 고장판단의 알고리즘은 사용하지 않고 운영자가 상황에 따라 판단하고 계통을 운영하고 있다. 잘못된 정보로 인한 운영자의 잘못된 판단은 작게는 기기 리셋정도로 해결될 수도 있지만, 크게는 계통의 사고에 까지 이를 수 있으므로 이러한 사고를 최소화 하기 위해 계통의 상태를 전체적으로 점검하고 정보의 신뢰성을 높이기 위해 계통을 해석하고 상태를 예측하여 취득한 정보와 비교, 판단하여 운영자에게 좀더 정확한 판단을 할 수 있도록 해야 할 것이다. 이번 연구에서는 이러한 계통 해석 및 고장 판단을 위해 가상 계통을 구성하고 계통을 수학적으로 모델링하여 디지털 신호와 아날로그신호를 모두 실수로 적용하여 회로 해석을 통한 등호 제약 조건을 이용하여 라그랑지안 함수를 구하고 뉴턴 랩슨법을 사용하여 예상값을 도출해 낸다. 이 때 실제값과 예상값이 다른 경우 잘못된 정보로 판단하여 이를 보정해주고 알릴 수 있는 알고리즘을 제시한다.

1.1 등호 제약조건

$f(x)$ 가 최소가 되기위한 제약조건을 $h(x) = 0$ 라 할때 등호 제약 조건에 의한 식은 아래와 같이 세울 수 있다.

$$\begin{aligned} \min & f(x) \\ \text{s.t} & h(x) = 0 \end{aligned}$$

1.2 라그랑지안 함수

위의 제약조건 $h(x) = 0$ 을 가진 $f(x)$ 의 최소값을 구하기 위하여 라그랑지안 함수를 표현하면 다음과 같다.

$$L(x, \lambda) \equiv f(x) + \lambda^T \cdot h(x)$$

정의한 라그랑지안 함수를 최적화 함수에 적용하기 위하여 x 와 λ 로 각각 미분하면 아래와 같이 정리 된다.

$$\begin{aligned} L_x &= \frac{\partial L}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial x} + \left(\frac{\partial h}{\partial x}\right)^T \cdot \lambda = 0 \\ L_\lambda &= \frac{\partial L}{\partial \lambda} = h(x) = 0 \end{aligned}$$

1.3 뉴턴 랩슨법

앞에서 정의한 최적화 함수를 뉴턴 랩슨법을 적용하기 위하여 x 와 λ 로 이루어진 벡터를 z , 라그랑지안 함수가 x 와 λ 로 편미분된 벡터를 V 라 하면 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$z = \begin{bmatrix} x \\ \lambda \end{bmatrix}, \quad V = \nabla L = \begin{bmatrix} L_x \\ L_\lambda \end{bmatrix}$$

* 정 회 원 : 충남대학교 공과대학 전기공학과 박사과정
[†] 교신저자, 정회원 : 충남대학교 공과대학 전기공학과 교수
E-mail : kjkim@cnu.ac.kr

** 정 회 원 : 충남대학교 공과대학 전기공학과 박사과정
접수일자 : 2009년 3월 10일
최종완료 : 2009년 9월 3일

이를 뉴턴 랩슨법에 적용하기 위해 Hessian Matrix를 구성하면 다음과 같다.

$$[H] = \nabla^2 L = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 L}{\partial \mathbf{x} \partial \mathbf{x}} & \frac{\partial^2 L}{\partial \lambda \partial \mathbf{x}} \\ \frac{\partial^2 L}{\partial \mathbf{x} \partial \lambda} & \frac{\partial^2 L}{\partial \lambda \partial \lambda} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial \mathbf{x} \partial \mathbf{x}} + \frac{\partial}{\partial \mathbf{x}} \left\{ \left(\frac{\partial \mathbf{h}}{\partial \mathbf{x}} \right)^T \cdot \lambda \right\} & \left(\frac{\partial \mathbf{h}}{\partial \mathbf{x}} \right)^T \\ \frac{\partial \mathbf{h}}{\partial \mathbf{x}} & 0 \end{bmatrix}$$

이를 통해 Δz 를 Hessian Matrix H 와 라그랑지안 함수가 x 와 λ 로 편미분된 벡터인 V 의 변화량인 ΔV 의 곱으로 표현할수 있다.

$$\Delta z = z - \hat{z} = \alpha \cdot [H]^{-1} \cdot \Delta V = \alpha \cdot [H]^{-1} \cdot (V - V_0)$$

여기에서 α 는 stepsize를 결정하는 계수로써 $0 < \alpha \leq 1$ 인 값으로 보통의 경우에는 1이다.

2. 본 론

2.1 계통 해석 개요

본 연구에서 계통 해석의 기본적인 흐름은 차단기의 On/Off Digital정보와 각 라인의 전류량의 Analog값을 받아서 해당 값들이 현재 계통 흐름에 맞는 값인지를 판별하고 이를 확인하는 것이다.

2.1.1 가상 계통 구성

계통 분석을 위해 가장 단순한 변전 모델을 샘플로 하여, 하나의 수전단을 갖는 이중 모선방식의 상위 모선과 하나의 배전단을 갖는 이중 모선 방식의 하위 모선, 그리고 그 중간의 변압기 한 개를 갖는 가상 계통을 구성하였다.

2.1.2 가상 계통 분석

가상 계통을 분석을 위해 해당 계통을 변수로서 활용할 필요가 있는데 본 연구에서는 이를 모두 벡터와 행렬을 이용하였다. λ 는 차단기 상태를 나타내므로 각 값은 1 이나 0 이 되는 변수이며, 전류값은 Zone 1이나 2를 기준한 pu값을 사용하는 변수이다. λ 는 항상 0이나 1이 되어야 하며 전류값은 pu단위를 이용하여 한곳을 기준점을 갖는 값이 된다. 따라서 Zone 1에서의 전류값을 1이라 하면 Zone 2에서의 전류값은 변압비에 의해 결정되며 이보다 큰 계통의 경우에는 메인 소스의 전류 등을 기준으로 하여 계산하게 된다. 하지만 이는 계산의 단순화를 위한 것일 뿐 계산의 흐름에 큰 영향을 미치지 않으며 값의 크고 작음에 의한 계산흐름에 가중치에 대한 영향을 미칠 수 있다.

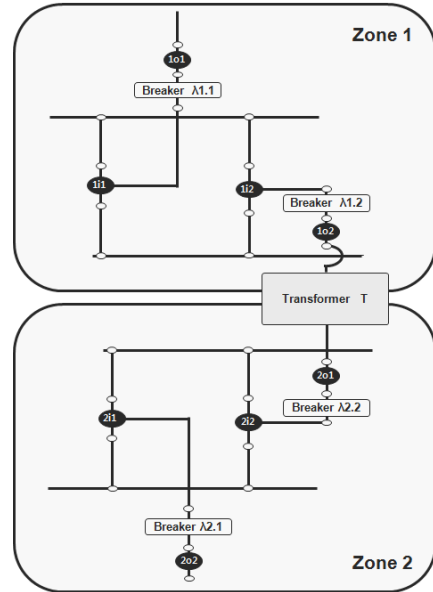


그림 1 가상 계통 구성도
Fig. 1 Sample Network Architecture

2.2 계통 해석

위 가상 계통에서 각각의 값을 벡터로 표현하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

표 1 Zone 별 변수 목록
Table 1 Variable list of each Zone

	외부 전류 벡터	내부 전류 벡터	차단기 상태 벡터
Zone 1	$I_{1o} = \begin{bmatrix} I_{1o1} \\ I_{1o2} \end{bmatrix}$	$I_{1i} = \begin{bmatrix} I_{1i1} \\ I_{1i2} \end{bmatrix}$	$\lambda_1 = \begin{bmatrix} \lambda_{1.1} \\ \lambda_{1.2} \end{bmatrix}$
Zone 2	$I_{2o} = \begin{bmatrix} I_{2o1} \\ I_{2o2} \end{bmatrix}$	$I_{2i} = \begin{bmatrix} I_{2i1} \\ I_{2i2} \end{bmatrix}$	$\lambda_2 = \begin{bmatrix} \lambda_{2.1} \\ \lambda_{2.2} \end{bmatrix}$

여기에서 Zone 1과 2연결을 위한 변압기 벡터는 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$T = [0 \ N \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]^T \quad (N \text{은 권수비})$$

그리고 계산을 위한 통합벡터는 다음과 같이 표시된다.

$$X = [I_{1o1} \ I_{1o2} \ I_{1i1} \ I_{1i2} \ \lambda_{1.1} \ \lambda_{1.2} \ I_{2o1} \ I_{2o2} \ I_{2i1} \ I_{2i2} \ \lambda_{2.1} \ \lambda_{2.2}]^T$$

2.2.1 행렬의 미분 정리

본 연구의 계산은 행렬로써 모두 이루어지는데 방정식의 벡터 미분과 다항식의 벡터 미분 등에 의해 행렬이 어떻게 생기는지 확인하여야 한다.

- 스칼라를 벡터로 미분하는 경우 $\frac{\partial f}{\partial \mathbf{x}} = \left[\frac{\partial f}{\partial x_1} \quad \frac{\partial f}{\partial x_2} \quad \dots \quad \frac{\partial f}{\partial x_n} \right]$

- 벡터를 스칼라로 미분하는 경우 $\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial x} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x} \\ \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x} \end{bmatrix}$

- 벡터를 벡터로 미분하는 경우 $\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{bmatrix}$

2.2.2 등호 제약 조건 정의

먼저 현재 값을 X 라하고 계산 값을 \hat{X} 라 할 때 $X - \hat{X}$ 의 절대값은 0에 가까워야 할 것이며 λ 는 항상 1 혹은 0에 가까워야 한다.

이를 식으로 전개하면 다음과 같다.

$$\min f(\mathbf{X}) = \frac{1}{2}(\mathbf{X} - \hat{\mathbf{X}})^T \cdot (\mathbf{X} - \hat{\mathbf{X}}) + \lambda_1^T \cdot \lambda_1 + \lambda_2^T \cdot \lambda_2$$

그리고 Zone으로 들어오는 전류의 합과 나가는 전류의 합은 0이며 버스로 유입되는 모든 전류의 합 역시 0이다. 또한 각 버스에서 나가는 전류값과 차단기 값과 zone에서 나가는 전류 값의 곱은 같다.

이를 식으로 전개하면 다음과 같다.

s.t $\mathbf{h}(\mathbf{X})$ Zone1 방정식

$$h_1(\mathbf{X}) = I_{1o1} + I_{1o2} = 0$$

$$h_2(\mathbf{X}) = I_{1n} + I_{1B} = 0$$

$$h_3(\mathbf{X}) = \begin{cases} I_{1i1} - \lambda_{1.1} I_{1o1} = 0 \\ I_{1i2} - \lambda_{1.2} I_{1o2} = 0 \end{cases}$$

TransVector 방정식

$$h_4(\mathbf{X}) = N \cdot I_{1o2} + I_{2o2} = 0$$

Zone2 방정식

$$h_5(\mathbf{X}) = I_{2o1} + I_{2o2} = 0$$

$$h_6(\mathbf{X}) = I_{2n} + I_{2B} = 0$$

$$h_7(\mathbf{X}) = \begin{cases} I_{2i1} - \lambda_{2.1} I_{2o1} = 0 \\ I_{2i2} - \lambda_{2.2} I_{2o2} = 0 \end{cases}$$

2.2.2 라그랑지안 함수 적용

앞에서 정의한 $f(x)$ 와 $h(x)$ 를 라그랑지안 함수로 표현하면 아래와 같다.

$$L(\mathbf{X}, \boldsymbol{\mu}) = f(\mathbf{X}) + \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{h}(\mathbf{X})$$

앞에서 차단기 변수를 λ 로 표시한 관계로 라그랑지안 함수에서 일반적으로 사용되는 λ 는 $\boldsymbol{\mu}$ 로 표기하였다.

이를 X 와 $\boldsymbol{\mu}$ 로 편미분하면 다음과 같다.

$$L_X = \frac{\partial f}{\partial \mathbf{X}} + \left(\frac{\partial \mathbf{h}}{\partial \mathbf{X}} \right)^T \boldsymbol{\mu} = 0$$

$$L_\mu = \mathbf{h}(\mathbf{X}) = 0$$

2.2.2 뉴턴 랩슨법 적용

뉴턴 랩슨법에 적용하기 위하여 Hessian Matrix를 만들어야 하므로 위 방정식을 각각 편미분하면 아래와 같이 유도된다.

$$L_{XX} = \frac{\partial^2 f}{\partial \mathbf{X}^2} + \frac{\partial}{\partial \mathbf{X}} \left\{ \left(\frac{\partial \mathbf{h}}{\partial \mathbf{X}} \right)^T \cdot \boldsymbol{\mu} \right\}$$

$$L_{X\mu} = \left(\frac{\partial \mathbf{h}}{\partial \mathbf{X}} \right)^T$$

$$L_{\mu X} = \frac{\partial \mathbf{h}}{\partial \mathbf{X}}$$

$$L_{\mu\mu} = 0$$

이를 Hessian Matrix로 표현하면 다음과 같다.

$$H = \begin{bmatrix} L_{XX} & L_{X\mu} \\ L_{\mu X} & L_{\mu\mu} \end{bmatrix}$$

Y 를 L_X 와 L_μ 로 구성된 벡터라 하고 ΔQ 를 ΔX 와 $\Delta \mu$ 로 구성된 벡터라 하면, 아래와 같은 방정식이 성립된다.

$$Y = \begin{bmatrix} L_X \\ L_\mu \end{bmatrix}, \Delta Q = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta \mu \end{bmatrix}$$

$$\Delta Y = H \Delta Q$$

여기에서 ΔY 는 Y 의 초기값과 현재 Y 값의 차이인데, Y 의 초기값은 항상 0이므로 이를 정리하면 다음과 같다.

$$\Delta Q = -H^{-1} Y$$

이렇게 정의된 방정식을 통해 ΔQ 의 값의 근사해를 구할 수 있으며 이를 바탕으로 현재 값의 정상치를 유추할 수 있다.

2.3 고장판단을 위한 알고리즘 정의

2.2 에서 정의한 라그랑지안 함수와 뉴턴랩슨법을 알고리즘으로 표현하면 다음과 같다.

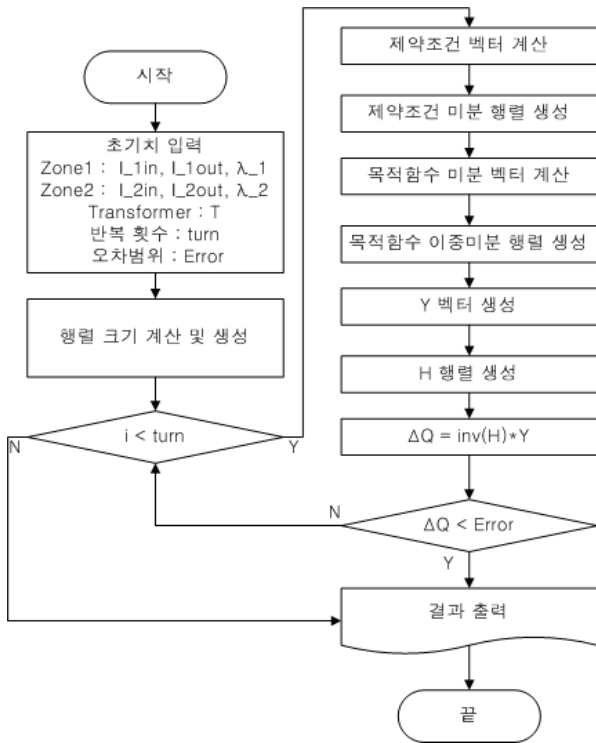
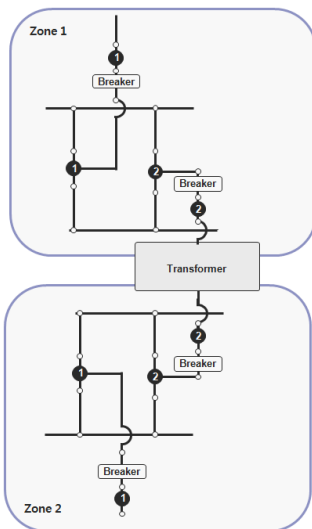


그림 2 고장판단 알고리즘 순서도
Fig. 2 Fault indicate sequence diagram

2.4 Matlab을 이용한 구현

2.4.1 1입력 1출력인 경우

앞에서 예제로 한 1입력 1출력의 변전 계통을 예제로 하여 시험해 보았다.



$$\begin{aligned} \text{Zone 1} \\ I_{1o1} = 10 \quad I_{1o2} = -10 \\ I_{1i1} = 10 \quad I_{1i2} = -10 \\ \lambda_{1,1} = 1 \quad \lambda_{1,2} = 1 \end{aligned}$$

Transformer 변압비
 $N = 2$

$$\begin{aligned} \text{Zone 2} \\ I_{2o1} = 10 \quad I_{2o2} = -10 \\ I_{2i1} = 10 \quad I_{2i2} = -10 \\ \lambda_{2,1} = 1 \quad \lambda_{2,2} = 1 \end{aligned}$$

그림 3 가상 계통도
Fig. 3 Sample network

2.4.1.1 초기값 설정

취득해야하는 데이터는 차단기 On/Off 데이터와 차단기 전/후에서 측정되는 전류값 그리고 변압기의 변압비이며, 전류값은 존을 기준으로 들어오면 + 나가면 -로 한다.

2.4.1.2 결과값

초기값을 모두 0으로 하고 Zone 1의 2번째 차단기 정보 ($\lambda_{1,2}$)가 잘못 들어왔다고 가정하고 위 과정을 수행하였다.

표 2 1입력 1출력 가상 계통 계산 결과
Table 2 Fig. 3 sample network calculation result

초기치	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
I_{1o1}	10	0	10	10.0165	10.0111	10.0098	10.0097
I_{1o2}	-10	0	-10	-10.0165	-10.0111	-10.0098	-10.0097
I_{1i1}	10	0	0	9.7838	9.9941	9.9999	10.0001
I_{1i2}	-10	0	0	-9.6154	-9.8933	-9.9009	-9.9012
$\lambda_{1,1}$	1	0	0.25	0.978	0.9983	0.999	0.999
$\lambda_{1,2}$	0	0	0	0.9615	0.9882	0.9891	0.9892
I_{2o1}	-20	0	-20	-20.0331	-20.0222	-20.0196	-20.0195
I_{2o2}	20	0	20	20.0331	20.0222	20.0196	20.0195
I_{2i1}	-20	0	0	-19.8887	-19.9993	-20	-20
I_{2i2}	20	0	0	19.8887	19.9993	20	20
$\lambda_{2,1}$	1	0	0.25	0.994	0.9989	0.999	0.999
$\lambda_{2,2}$	1	0	0.25	0.994	0.9989	0.999	0.999

수행결과를 초기치와의 차이를 절대치로 표현하면 다음 그래프와 같다.

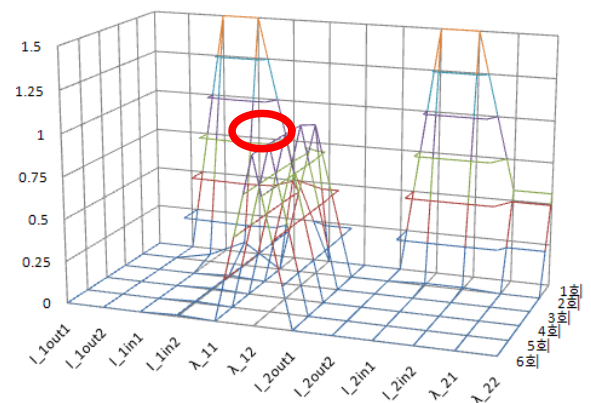


그림 4 1입력 1출력 가상계통 계산 오차 그래프
Fig. 4 Fig 3 sample network result error graph

결과를 보면 $\lambda_{1,2}$ 의 값에서 추정치과 입력치가 다를 수 있다.

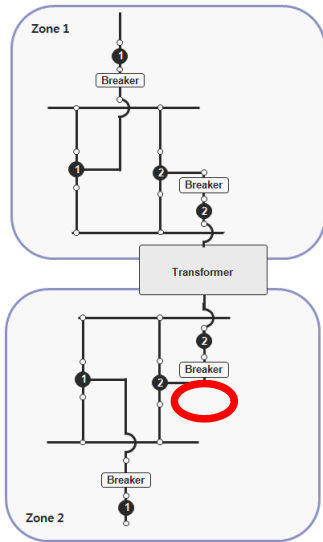


그림 5 고장 위치 확인
Fig. 5 Fault Indicate

따라서 위 계통 분석 결과 Zone 1의 2번 차단기의 정보가 잘못되었음을 확인할 수 있다.

2.4.2 다입력 다출력인 경우

앞의 구조를 확장하여 다입력 다출력인 경우를 테스트 해 보았다.

2.4.2.1 계통도

다입력 다출력 시험 계통은 Zone 1에서 4계통 연계, Zone 2에서 3계통 이 두 개의 변압기로 연결된 모델로 구성하였다.

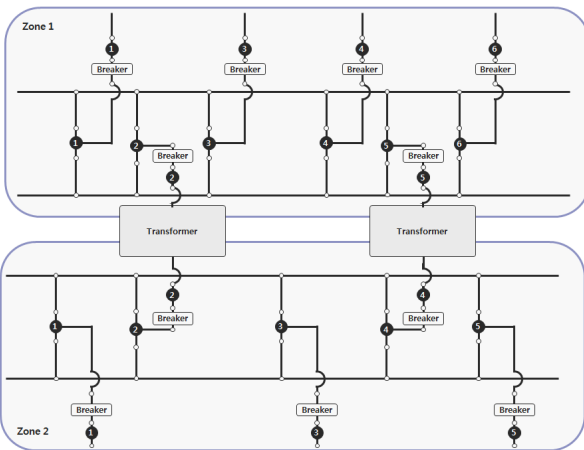


그림 6 다입력 다출력 시험 계통 모델
Fig. 6 Many in/out sample network model

2.4.2.2 입력값

변압비는 두 변압기 모두 2로, 각 Zone 1,2의 전류값과 차단기 정보의 실제 값 다음과 같이 가정한다.

표 3 Zone 1 데이터

Table 3 Zone 1 Data

	I_{1out}			I_{1in}			λ_1						
1	-2	1	1	-2	1	1	-2	1	1	1	1	1	1

표 4 Zone 2 데이터

Table 4 Zone 2 Data

	I_{2out}			I_{2in}			λ_2						
-2.5	4	-2.5	4	-2.5	4	-2.5	4	-2.5	1	1	1	1	1

2.4.2.3 결과값

위 값에서 Zone 1의 $\lambda_{1,6}$, $\lambda_{2,3}$ 의 정보가 잘못들어왔다고 가정하고 이를 수행하였다.(전류 비중치 1000)

표 5 다입력 다출력 가상 계통 계산

Table 5 Fig. 6 sample network calculation result

	초기 값	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	
Zone 1	I_{1o}	1	1	0.9784	0.9795	0.9794	0.9794	0.9794
		-2	1	-1.9572	-1.9594	-1.9592	-1.9593	-1.9592
		1	1	0.9784	0.9795	0.9794	0.9794	0.9794
		1	1	0.9784	0.9795	0.9794	0.9794	0.9794
		-2	1	-1.9572	-1.9594	-1.9592	-1.9593	-1.9592
		1	1	0.9793	0.9805	0.9804	0.9804	0.9804
	I_{1i}	1	1	1.001	1.0001	1.0002	1.0002	1.0002
		-2	1	-2.0016	-1.9997	-1.9998	-1.9998	-1.9998
		1	1	1.001	1.0001	1.0002	1.0002	1.0002
		1	1	1.001	1.0001	1.0002	1.0002	1.0002
		-2	1	-2.0016	-1.9997	-1.9998	-1.9998	-1.9998
		1	1	1	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991
λ_1	1	1	1.0227	1.0211	1.0212	1.0212	1.0212	
	1	1	0.9556	1.0206	1.0207	1.0207	1.0207	
	1	1	1.0227	1.0211	1.0212	1.0212	1.0212	
	1	1	1.0227	1.0211	1.0212	1.0212	1.0212	
	1	1	0.9556	1.0206	1.0207	1.0207	1.0207	
	0	1	1.0207	1.019	1.0191	1.0191	1.0191	
Zone 2	I_{2o}	-2.5	1	-2.6099	-2.6135	-2.6121	-2.6122	-2.6122
		4	1	3.9144	3.9191	3.9185	3.9185	3.9185
		-2.5	1	-2.6089	-2.6123	-2.6126	-2.6126	-2.6126
		4	1	3.9144	3.9187	3.9185	3.9185	3.9185
		-2.5	1	-2.6099	-2.612	-2.6122	-2.6122	-2.6122
		-2.5	1	-2.6024	-2.6	-2.6001	-2.6001	-2.6001
	I_{2i}	4	1	3.9042	3.9	3.8999	3.8999	3.8999
		-2.5	1	-2.6034	-2.5997	-2.5997	-2.5997	-2.5997
		4	1	3.9042	3.8999	3.8999	3.8999	3.8999
		-2.5	1	-2.6024	-2.6001	-2.6001	-2.6001	-2.6001
		1	1	1.0075	0.9948	0.9954	0.9954	0.9954
		1	1	0.9898	0.9951	0.9953	0.9953	0.9953
λ_2	0	1	1.0055	0.9952	0.995	0.9951	0.9951	
	1	1	0.9898	0.9952	0.9953	0.9953	0.9953	
	1	1	1.0075	0.9955	0.9953	0.9954	0.9954	

위 결과를 볼 때 취득값과 계산값의 오차를 통해 Zone1의 6번 차단기와 Zone2의 3번 차단기의 취득값이 잘못되었음을 쉽게 판단할 수 있다.

이 수행결과를 초기치와의 오차를 그래프로 표현하면 다음과 같다.

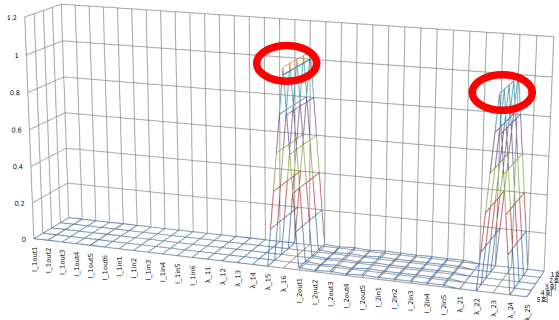


그림 7 다입력 다출력 가상 계통 오차 그래프
Fig. 7 Fig. 6 sample network error graph

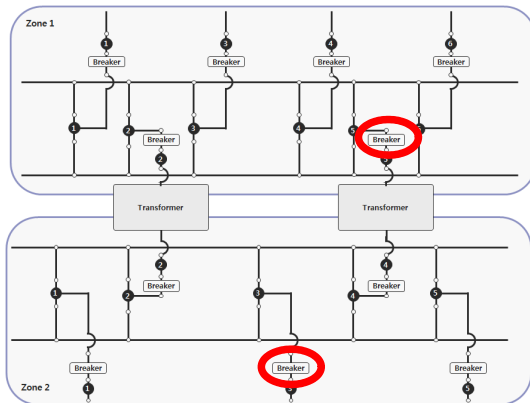


그림 8 다입력 다출력 시험 계통 모델 결과
Fig. 8 Fig. 6 sample network model fault indicate

2.5 고장 판단

위 예제와 같이 앞에서 구한 Q 에 포함되는 새로운 X 값과 현재 취득되고있는 X 값(초기값)과 차이가 없다면 이는 정상계통인 데이터가 들어오고 있다는 것을 의미하며, 값이 다를 경우 현재 취득되고있는 데이터가 문제가 있음을 의미하게 된다. 값이 달라질 경우 해당위치를 확인하고 정보가 잘못되었음을 알리게 된다.

이는 고장시 계산으로 인한 고장상태의 계산값과 현재상태를 비교하여 고장상태가 정확한것인지를 확인하고 정확한 정보를 사용자에게 보냄으로서 사용자가 잘못된 정보로 인한 오조작을 미연에 방지할 수 있게 된다.

3. 결 론

본 연구에서는 계통에서 취득한 상태 정보가 잘못되었을 때의 문제를 예방하기위한 것으로 데이터 취득장치의 고장을 판단하여 데이터의 무결성 여부를 계통의 모든 값의 관계성을 분석하여 찾아낼 수 있음을 알아보았다. 잘못된 정보가 일반적으로 한 두개임을 예상할 때 10회 정도의 반복이내에 결과가 나오게 된다.

본 알고리즘을 통해 계통 운영 시 기기 오작동 상태를 판단하여 기기 오작동으로 인한 오조작이나, 사고를 미연에 방지할 수 있으며 좀 더 신뢰성 있는 계통 상황을 전파 할 수 있다. 본 연구에서는 변전소 SCADA시스템이 가지는 계통을

대상으로 하였으나 회로 해석을 통한 등호제약 조건을 각 시스템에 맞추면 EMS, SCADA, DAS 모두 적용 가능하다.

감사의 글

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

This work is the outcome of a Manpower Development Program for Energy & Resources supported by the Ministry of Knowledge and Economy (MKE)

참 고 문 헌

- [1] 양민욱, 김건중, 황인준, 박정진, 이주현, 등호제약조건을 이용한 계통 해석 및 고장판단에 대한 연구, 대한전기학회 전력기술부문회 추계학술대회 논문집, 2008
- [2] Dechter, Rina "Constraint Processing", Morgan Kaufmann, 2003
- [3] X. DU ; B. HUANG , "Reliability-based design optimization with equality constraints", International Journal for Numerical Methods in Engineering, vol. 72, no11, pp. 1314-1331 , 2007

저 자 소 개



양민욱 (梁旻旭)

충남대학교 전기공학교육과 학사
충남대학교 컴퓨터공학과 학사
충남대학교 전기공학과 석사
충남대학교 전기공학과 박사과정



김건중 (金建中)

서울대학교 전기공학과 석사
서울대학교 전기공학과 박사
現 충남대학교 전기공학과 교수
現 대한전기학회 부회장



황인준

충남대학교 전기공학과 학사
충남대학교 전기공학과 석사
충남대학교 전기공학과 박사수료