

電壓安全度を 고려한 想定事故 스크리닝에 관한 연구

A Study of Contingency Screening Method Considering Voltage Security

宋 吉 永* · 金 榮 漢** · 崔 祥 圭***

(Kil-Yeong Song · Yeong-Han Kim · Sang-Kyu Choi)

요 약

전력계통의 운용에서 계통의 전압안전도에 대한 중요성은 전압붕괴에 의한 대정전 사고가 여러번 발생됨에 따라 더욱더 강조되고 있다. 본 논문에서는 전압안전도를 고려한 고속 상정사고 스크리닝방법을 제시하고 있다. 이 방법은 상정사고 스크리닝을 위해 해석될 모션전압의 수를 줄이기 위하여 상정사고에 의해 크게 전압이 변화하게 될 전압감도모션을 결정하게 된다. 이 방법은 상정사고에 의한 모션전압변화는 모든 모션에서 발생되지 않고 실제적으로 상정사고 부근의 모션에서 주로 발생되기 때문에 전체계통을 해석할 필요가 없다는 관점에 근거를 두고 있다. 본 논문에서는 또한 전압감도 모션의 결정과 이들 전압감도모션들에 대해서만 전압크기를 빠르고 신뢰성있게 계산하기 위하여 P-Q분리등가회로와 고속오차수정계산법을 적용하였다. 본 논문에서 제시한 방법을 IEEE30-모션 모델계통과 KEPCO130-모션 실제계에 적용하여 그 실용성을 확인하였다.

Abstract- In the operation of an electric power system, the voltage security of the system has acquired more significant importance after the occurrence of large system black-outs caused by voltage collapse several times. This paper describes a fast contingency screening method concerning voltage security. The method defines a voltage-sensitive buses where significant voltage changes would occur as a result of the contingency to reduce the number of bus voltages to be solved for contingency screening. This method is based on the observation that it is not necessary to solve the entire network in most contingency cases because voltage changes actually occur around the contingency. The P-Q decoupled linearized model and the fast error correction method are also adopted in the method to define voltage-sensitive buses and to calculate voltage magnitude on the selected voltage-sensitive buses fastly and reliably. The method suggested in this paper has been tested in IEEE 30-bus model system and KEPCO 130-bus actual system and its effectiveness for practical use has also been confirmed.

*正 會 員 : 高麗大 工大 電氣工學科 教授 · 工博

**正 會 員 : 韓國電力公社 發電處 給電運用部長 · 工博

***正 會 員 : 高麗大 工大 電氣工學科 博士課程

接受日字 : 1988年 5月 9日

一次修正 : 1988年 8月 13日

二次修正 : 1989年 2月 20日

三次修正 : 1989年 12月 9日

1. 서 론

전압문제가 심각한 전력계통에서는 선로나 발전기에 사고가 발생하였을 경우, 전압붕괴현상을 일으킬 위험성이 있는지를 해석할 필요가 있기때문에 상정사고 선택도 전압안전도 관점에서 결정하

는 방법이 연구되고 있다.

특히 최근에 발생한 동경전력의 대정전사고등 세계적인 대정전사고가 전압붕괴로 비롯되는 경우가 많게 됨에 따라 상정사고 선택에 있어서도 전압 안전도를 고려할 필요성이 더욱 높아지고 있으며 이 분야에 대한 많은 연구가 계속되고 있다. [1~5]

전압안전도평가를 위한 종래의 방법은 주로 고속분할조류계산법 [6]의 1회반복계산으로 이루어지고 있다.

본 연구에서는 P-Q분리등가회로[7]를 이용하여 신뢰성이 높으면서 종래의 고속분할 조류계산법의 1회반복계산에 비하여 계산시간이 훨씬 더 빠른 전압안전도를 고려한 상정사고스크린닝법을 제시한다.

이 방법의 기본적인 생각은 먼저, 송전회로망을 유효분, 무효분등가회로로 분리한 다음, 유효분등가회로로부터 계산되는 위상각의 변화량을 이용하여 중요한 전압변화가 일어나는 전압감도모선[5]을 결정하고 무효분등가회로로부터 이들 전압감도모선들에 대해서만 전압크기를 계산 하게 된다. 다음에, 앞에서 무효분등가회로의 근사적인 구성으로 인하여 생기는 오차를 줄이기 위하여 고속오차수정계산법을 사용하였다.

이와같이 개발된 새로운 상정사고스크린닝 알고리즘을 IEEE30-모선 모델계통과 KEPCO130-모선 실제등에 적용하여 그 우수성을 입증하였다.

2. P-Q분리 등가회로의 구성

2.1 유효분등가회로의 구성

모선 $i-j$ 사이의 선로에 흐르는 유효조류는 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$P_{ij} = b_{ij}n_{ij}V_iV_j\sin\theta_{ij} - g_{ij}n_{ij}V_iV_j\cos\theta_{ij} + g_{ij}n_{ij}^2V_i^2 \quad (2-1)$$

$$P_{ji} = b_{ij}n_{ij}V_iV_j\sin\theta_{ji} - g_{ij}n_{ij}V_iV_j\cos\theta_{ji} + g_{ij}n_{ij}^2V_j^2 \quad (2-2)$$

여기서, $g_{ij} = \frac{r_{ij}}{r_{ij}^2 + x_{ij}^2}$, $b_{ij} = \frac{x_{ij}}{r_{ij}^2 + x_{ij}^2}$

r_{ij} : 모선 $i-j$ 간의 선로저항

x_{ij} : 모선 $i-j$ 간의 선로리액턴스

n_{ij} : 모선 $i-j$ 간의 변압기 Tap값

위의식(2-1), (2-2)로부터 위상각과 전압크기의 미소변화에 대한 유효조류의 변화량을 얻을 수 있다.

지금, 이 유효조류변화량에서 전압크기의 변화에 영향을 받는 항을 제외시키면 다음과 같은 유효분등가회로를 구성하기 위한 근사식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta P_{ij} &\cong b_{ij}n_{ij}V_iV_j\cos\theta_{ij}(\Delta\theta_i - \Delta\theta_j) \\ &\quad + g_{ij}n_{ij}V_iV_j\sin\theta_{ij}(\Delta\theta_i - \Delta\theta_j) \\ &= b_{Pij}(\Delta\theta_i - \Delta\theta_j) \end{aligned} \quad (2-3)$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{ji} &\cong b_{ij}n_{ij}V_iV_j\cos\theta_{ji}(\Delta\theta_j - \Delta\theta_i) \\ &\quad + g_{ij}n_{ij}V_iV_j\sin\theta_{ji}(\Delta\theta_j - \Delta\theta_i) \\ &= b_{Pji}(\Delta\theta_j - \Delta\theta_i) \end{aligned} \quad (2-4)$$

위의 관계식(2-3), (2-4)로부터 유효전력과 위상각의 미소변화량을 각각 전류와 전압으로 대응시킨다면 다음 그림 2-1과 같은 유효분등가회로를 얻을 수 있다.

유효분등가회로인 그림 2-1로부터 다음식(2-5)와 같은 절점방정식을 구성할 수 있다.

$$\Delta P = [B']\Delta\theta \quad (2-5)$$

위의식(2-5)에서 ΔP 는 유효분등가회로의 주입모선전류의 벡터이고, $[B']$ 는 유효분등가회로의 선로어드미턴스로 구성되는 계수행렬을 의미한다.

2.2 무효분 등가회로의 구성

무효분등가회로도 앞의 유효분등가회로와 유사한 방법으로 구성할 수 있다. 먼저, 모선 $i-j$ 사이의 선로에 흐르는 무효조류는 다음식으로 쓸 수 있다.

$$Q_{ij} = b_{ij}n_{ij}^2V_i^2 - b_{ij}n_{ij}V_iV_j\cos\theta_{ij} - g_{ij}n_{ij}V_iV_j\sin\theta_{ij} - \frac{1}{2}y_{cij}n_{ij}^2V_i^2 \quad (2-6)$$

$$Q_{ji} = b_{ij}V_j^2 - b_{ij}n_{ij}V_iV_j\cos\theta_{ji} - g_{ij}n_{ij}V_iV_j\sin\theta_{ji} - \frac{1}{2}y_{cij}V_j^2 \quad (2-7)$$

여기서, y_{cij} : 모선 $i-j$ 사이의 선로의 대지 정전어드미턴스

다음에 무효분등가회로를 구성하기 위하여, 위의식(2-6), (2-7)로부터 전압과 위상각의 변화에 대한 무효전류의 변화량을 구한다음, 위상각차의 변화량에 영향을 받는 항을 제외시키게 되

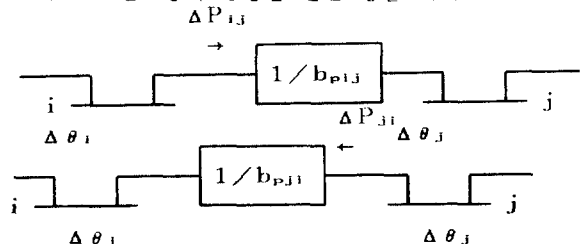


그림 2-1 유효분 등가회로

Fig. 2-1 P-Q network

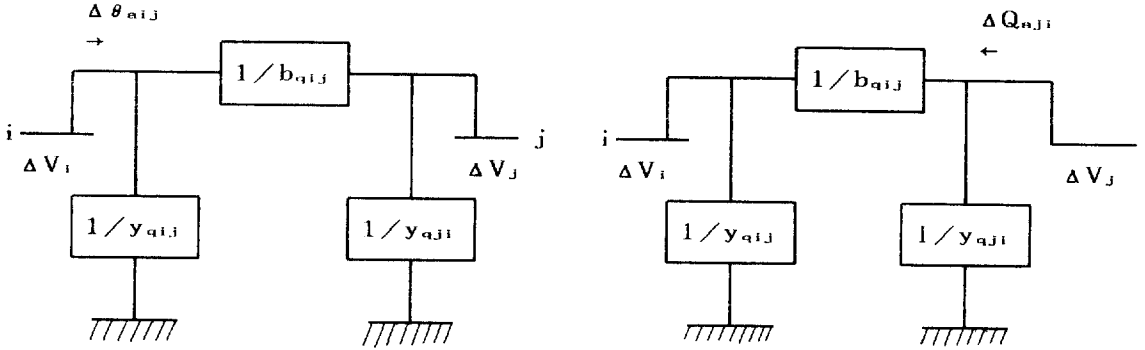


그림 2-2 무효분 등가회로
Fig. 2-2 Q-V network

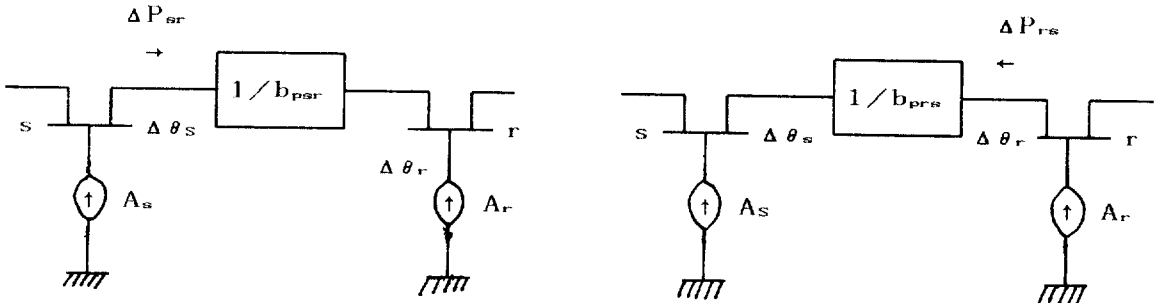


그림 3-1 유효분 등가회로에서의 송전선사고의 모의
Fig. 3-1 Simulation of a line outage at P-Q network

면 다음식(2-8), (2-9)와 같은 무효전류변화량의 근사식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta Q_{aij} &= \Delta Q_{ij} / V_i \\ &\cong b_{ij} n_{ij} \cos \theta_{ij} (\Delta V_i - \Delta V_j) + g_{ij} n_{ij} \sin \theta_{ij} (\Delta V_i - \Delta V_j) + \{-b_{ij} n_{ij} \cos \theta_{ij} - g_{ij} n_{ij} \sin \theta_{ij} + 2n_{ij}^2 (b_{ij} - \frac{y_{cij}}{2})\} \Delta V_i \\ &= b_{qij} (\Delta V_i - \Delta V_j) + y_{qij} \Delta V_i \quad (2-8) \\ \Delta Q_{aji} &= \Delta Q_{ji} / V_j \\ &\cong b_{ij} n_{ij} \cos \theta_{ji} (\Delta V_j - \Delta V_i) + g_{ij} n_{ij} \sin \theta_{ji} (\Delta V_j - \Delta V_i) + \{-b_{ij} n_{ij} \cos \theta_{ji} - g_{ij} n_{ij} \sin \theta_{ji} + 2(b_{ij} - \frac{y_{cij}}{2})\} \Delta V_j \\ &= b_{qji} (\Delta V_j - \Delta V_i) + y_{qji} \Delta V_j \quad (2-9) \end{aligned}$$

지금, 위의 관계식(2-8), (2-9)로부터 무효전류와 전압크기의 미소변화량을 각각 전류와 전압으로 대응시킨다면 다음 그림2-2와 같은 무효분 등가회로를 얻을 수 있다.

따라서, 그림2-2로부터 다음식(2-10)과 같은 무효분 등가회로에 대한 절점방정식을 구성할 수 있

다.

$$\Delta Q_a = [B''] \Delta v \quad (2-10)$$

위의식(2-10)에서 ΔQ_a 는 무효분 등가회로의 주입 모션 전류의 벡터이고, $[B'']$ 는 무효분 등가회로의 선로어드미턴스 및 대지간의 어드미턴스로 구성되는 계수행렬을 의미한다.

이상에서와 같이 유도한 식(2-5), (2-10)을 사용해서 전압안전도해석을 위한 상정사고 스크리닝은 다음과 같이 할 수 있다.

3. 상정사고 스크리닝

3.1 위상각 계산

모선 s-r간의 선로사고후의 위상각계산은 앞의 유효분 등가회로부터 구할 수 있다. 즉, 사고전 송전선을 남겨놓은 상태에서 사고를 모의하기 위해 사고전 송전선에 흐르고 있던 유효전력을 제거한 것과 같은 전류원 A_s, A_r 를 구한 다음 그림3-1과

같이 각 모선에 접속한다.

이와같이 전류원을 접속하게 되면 송전선의 전류도 변하기 때문에 이 변화분을 ΔP_{sr} , ΔP_{rs} 로 하면, A_s , A_r 의 크기는 다음식을 만족하도록 결정해 주어야 한다.

$$A_s = P_{sr}^o + \Delta P_{sr} \quad (3-1)$$

$$A_r = P_{rs}^o + \Delta P_{rs} \quad (3-2)$$

여기서, ΔP_{sr}^o , ΔP_{rs}^o : 사고전 송전선에 흐르고 있던 유효전력
 위의식(3-1), (3-2)에서 ΔP_{sr} 과 ΔP_{rs} 는 다음식(3-3), (3-4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta P_{sr} = b_{psr}(\Delta\theta_s^s - \Delta\theta_r^s)A_s + b_{psr}(\Delta\theta_s^r - \Delta\theta_r^r)A_r \quad (3-3)$$

$$\Delta P_{rs} = b_{prs}(\Delta\theta_r^s - \Delta\theta_s^s)A_s + b_{prs}(\Delta\theta_r^r - \Delta\theta_s^r)A_r \quad (3-4)$$

여기서, $\Delta\theta_s^s$, $\Delta\theta_r^s$: 모선s에 단위전류를 주입한 경우에 모선s, r에 나타나는 전압값.

$\Delta\theta_s^r$, $\Delta\theta_r^r$: 모선r에 단위전류를 주입한 경우에 모선s, r에 나타나는 전압값.

지금, 위의식(3-1)~(3-4)로부터 A_s 와 A_r 은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} A_s \\ A_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 - b_{psr}(\Delta\theta_s^s - \Delta\theta_r^s) \\ -b_{prs}(\Delta\theta_r^s - \Delta\theta_s^s) \\ -b_{psr}(\Delta\theta_s^r - \Delta\theta_r^r) \\ 1 - b_{prs}(\Delta\theta_r^r - \Delta\theta_s^r) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} P_{sr}^o \\ P_{rs}^o \end{bmatrix} \quad (3-5)$$

따라서, 위의식(3-5)로부터 계산되는 A_s , A_r 을 사용해서 사고후의 위상각 θ^f 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\theta_i^f = \theta_i^o + \Delta\theta_i^f \quad (i=1, 2, \dots, n-1) \quad (3-6)$$

$$\Delta\theta_i^f = \Delta\theta_i^s A_s + \Delta\theta_i^r A_r \quad (3-7)$$

여기서, n : 모선수

$\Delta\theta_i^s$, $\Delta\theta_i^r$: 각각 사고선로의 송전단s, 수전단r에 단위전류를 주입한 경우에 대한 모선i에 나타나는 위상각 변화량.

다음에, 사고후의 전압크기도 위상각과 동일한 방법으로 얻을 수 있지만, 본 연구에서는 이것의 고속계산을 위해서 상정사고시 이것에 영향을 받는 모선 즉, 전압감도모선을 먼저, 결정한 후, 이들

모선들에 대한 전압크기만을 구하는 방법을 생각하였다.

3.2 전압감도모선의 결정

사고선로에 의한 전압크기의 변화는 사고선로의 무효전력의 손실과 나머지 선로의 무효전력 소비 변화에 그 원인이 있으므로 전압감도모선은 다음과 같이 결정할 수 있다.

곧, 모선*i-j*사이의 무효전력손실은 앞의식(2-6), (2-7)로부터 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta Q_{10ss,ij} &= Q_{ij} + Q_{ji} \\ &= b_{ij}n_{ij}^2 V_i^2 - b_{ij}V_j^2 - 2b_{ij}n_{ij} V_i V_j \cos \theta_{ij} \\ &\quad - \frac{1}{2}y_{cij}n_{ij}^2 V_i^2 - \frac{1}{2}y_{cij}V_j^2 \end{aligned} \quad (3-8)$$

위의식(3-8)로부터 모선*i-j*사이의 위상각의 변화에 대한 무효전력손실의 변화량은 다음식(3-9)로 되다.

$$dQ_{10ss,ij}/d\theta_{ij} = 2V_i V_j b_{ij} n_{ij} \sin \theta_{ij} \quad (3-9)$$

따라서, 사고후의 무효전력손실변화량 $\Delta Q_{10ss,ij}$ 는 다음식(3-10)으로 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta Q_{10ss,ij} &= 2V_i V_j b_{ij} n_{ij} \sin \theta_{ij} \Delta \theta_{ij} \\ &\cong 2V_i V_j \sin \theta_{ij} \Delta p_{ij} \end{aligned} \quad (3-10)$$

여기서, $\Delta p_{ij} \cong b_{ij} n_{ij} \Delta \theta_{ij}$

결국, 위의식(3-10)에서 알 수 있듯이 무효전력손실변화는 유효선로조류변화에 좌우되므로 전압감도모선은 다음식(3-11)로부터 결정할 수 있다.

$$B_s = \{i, j \mid |\Delta p_{ij}| > \epsilon\} \quad (3-11)$$

여기서, ϵ : 유효선로조류변화량의 한계치. 위의식(3-11)은 유효선로조류변화량의 한계치 ϵ 을 능가하는 선로의 양쪽에 연결된 모선의 집합을 의미한다. 또한, 식(3-11)에서 한계치 ϵ 의 값은 전압레벨이나 부하수준등에 따라 실험적으로 선정되는 값이므로 대상계통에 대해서 ϵ 의 적절한 값의 선정을 위한 테스트가 선행되어 져야한다.

본 연구에서는 IEEE 30-모선계통과 KEPCO 130-모선 실계통에 테스트해 본 결과 $\epsilon=0.1$ 로 선정하여 사용하면 전압문제를 발생시키는 상정사고를 식별하는데 충분한 것으로 입증되었다.

3.3 전압감도모선에 대한 전압크기의 계산

앞에서 언급되어 졌듯이 일단, 전압감도모선이 결정되면, 사고후의 전압크기는 이들 전압감도모선에 대해서만 계산하면된다. 따라서 사고후의 전압크기 V' 의 계산은 위상각의 계산과 동일한 방

법으로 사고전 송전선에 흐르고 있던 무효전류를 제거한 것과 같은 전류원 R_s, R_r 을 구한다음, 다음식(3-12)로부터 고속으로 계산할 수 있다.

$$V_i^f = V_i^o + \Delta V_i^f \quad (3-12)$$

$$\Delta V_i^f = \Delta V_i^s R_s + \Delta V_i^r R_r \quad (3-13)$$

여기서, $i \in B_{s2}$

$\Delta V_i^s, \Delta V_i^r$: 각각 사고선로의 송전단 모선 s 와 우전단모선 r 에 단위전류를 주입한 경우에 대한 모선 i 에 나타나는 전압크기의 변화량.

이상에서와 같이 사고후의 전압감도모선에 대한 전압크기를 계산할 수 있지만 사고에 따른 계통상태의 변화가 큰 경우에는 앞에서 무효분동가회로의 근사적인 구성에 따른 오차를 무시할 수 없게 된다. 따라서 이러한 오차를 줄이기 위하여 다음과 같은 고속오차수정계산이 필요하다.

3.4 고속오차수정계산

고속오차수정계산은 앞에서 이미 구한 전압크기와 위상각의 변화량 $\Delta V_i^f, \Delta \theta_i^f$ 를 사용하여 다음과 같이 할 수 있다. 즉, 무효분동가회로를 구성할때 무시된 성분을 이 $\Delta \theta_i^f, \Delta V_i^f$ 를 사용해서 사고선로를 제외한 유효조류변화량의 한계치 ϵ 를 증가하는 모든 선로에 대하여 계산하고 다음과 같이 각 전압감도모선에서의 총화를

$$\Delta Q_{ai} = \sum_{j \in B_{s2}} \Delta Q_{aij} \quad (3-14)$$

여기서, $i \in B_{s2}$

ΔQ_{aij} : 무효분동가회로를 구성할때 무시된 성분 구한다음, 전압감도모선의 전압크기에 대한 오차수정량 ΔV_i^e 는 중첩의 정리를 이용한 다음식(3-15)을 이용하여 고속으로 계산할 수 있다.

$$\Delta V_i^e = \sum_{j \in B_{s2}} \Delta V_i^j \Delta Q_{aj} \quad (3-15)$$

여기서, ΔV_i^j : 모선 j 에 단위전류를 주입하였을 때 모선 i 에 나타나는 전압크기의 변화량.

위의식(3-15)에 의해서 오차수정량 ΔV_i^e 를 계산한 다음, 최종적으로 사고후의 전압감도모선에 대한 전압크기는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$V_i = V_i^o + \Delta V_i^f + \Delta V_i^e \quad (3-16)$$

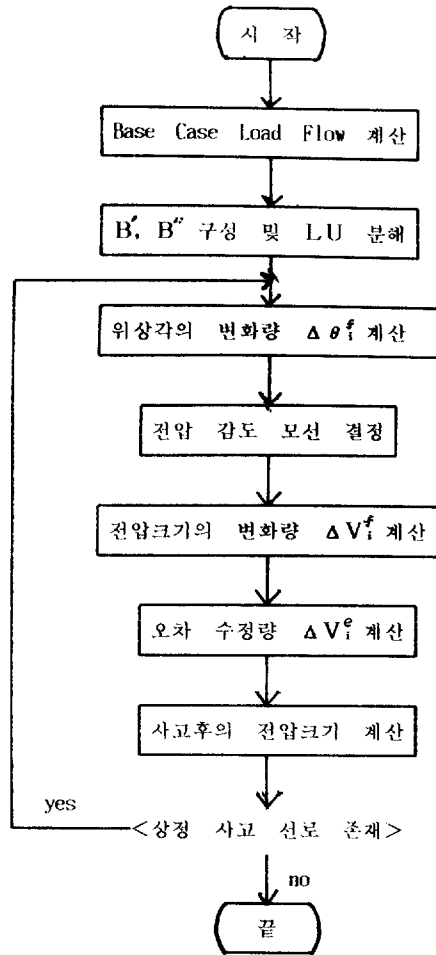


그림 3-2 흐름도
Fig. 3-2 Flow chart

여기서, $i \in B_{s2}$

지금까지 설명한 고속상정사고 스크리닝법에 대한 계산순서는 다음과 같다.

- (i) 식(3-7)로부터 사고후의 각 모선의 위상각변화량 $\Delta \theta_i^f$ 계산.
- (ii) 위상각변화량 $\Delta \theta_i^f$ 를 이용하여 식(3-11)으로부터 전압감도모선결정.
- (iii) 식(3-13)로부터 전압감도모선에 대한 전압크기변화량 ΔV_i^f 계산.
- (iv) 식(3-15)로부터 전압감도모선에 대한 전압크기의 오차수정량 ΔV_i^e 계산.
- (v) 식(3-16)로부터 사고후의 전압감도모선에 대한 전압크기 계산.

이상에서 개발된 새로운 고속상정사고 스크리닝 알고리즘에 대한 전체적인 흐름도는 그림3-2에

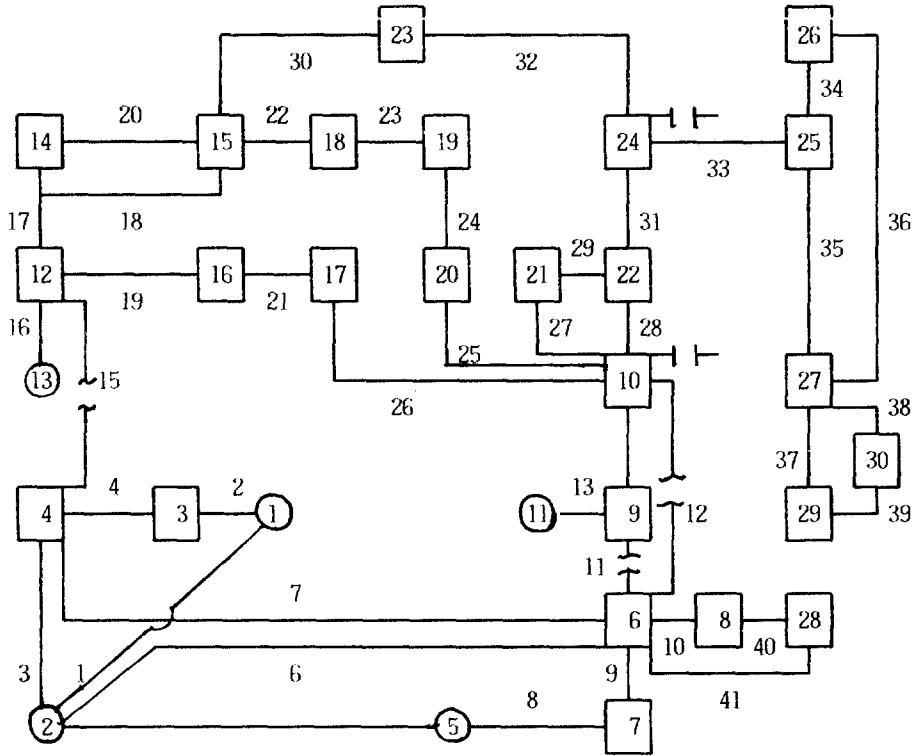


그림 5-1 A 계통
Fig. 5-1 A System.

표 5-1 A계통 상정사고 스크리닝 결과
Table 5-1 Contingency Screening result for A system

전압 감도 모선	사고전 전압	사고후 전압의 참값	전압변화량	본 연구에 의한 방법	오차(%)
14	1.0101	0.9807	0.0293	0.9859	0.52
15*	0.9814	0.8819	0.0995	0.8999	1.80*
17	0.9932	0.9791	0.0141	0.9796	0.05
18	0.9728	0.9180	0.0548	0.9256	0.76
19	0.9727	0.9293	0.0433	0.9334	0.41
20	0.9783	0.9413	0.0369	0.9452	0.39
21	0.9753	0.9530	0.0223	0.9577	0.47
22	0.9740	0.9505	0.0235	0.9555	0.50
23	0.9665	0.9072	0.0593	0.9121	0.49
24	0.9853	0.9462	0.0391	0.9502	0.40

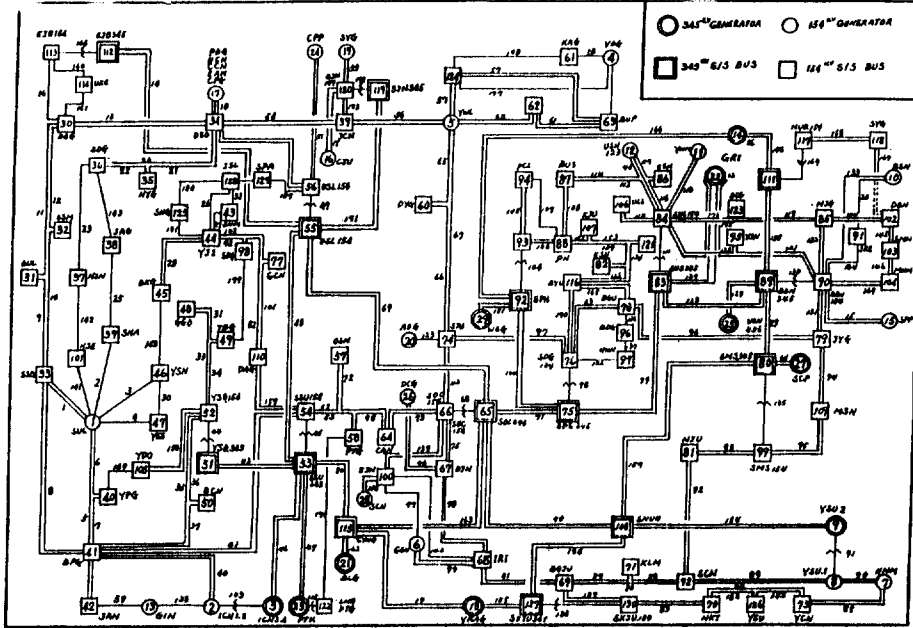


그림 5-2 B 계통
Fig. 5-2 B System

나타내었다.

4. 모델계통에의 적용

본 연구에서 개발된 전압안정도해석을 위한 고속상정사고 스크리닝 알고리즘의 유용성을 검증하기 위하여 이것을 모델계통에 적용하였다. 모델계통으로는 그림5-1, 5-2의 IEEE30-모선 모델계통(A계통)과 KEPCO130-모선실계통(B계통)을 택하였다.

먼저, 표5.1, 5.2는 위 두가지 모델계통에 대하여 단일선로상정사고시 본 연구에서 제안하는 방법의 계산결과를 보여주고 있다. 이 계산결과를 보이기 위하여 단일선로사고후 전압문제를 심각하게 발생시키는 사고선로를 선택하였으며 이것은 A계통에 대해서는 30번라인, B계통에서는 8번라인에 해당된다.

그리고 사고후의 전압크기의 참값으로는 고속분할조류계산법의 수렴값($\Delta P < 10^{-3}$, $\Delta Q < 10^{-3}$)을 사용하였다.

이들 표를 살펴보면 전압크기의 가장 큰 오차를 보여주고 있는 것은 A계통에서 15번 모선의 1.80[%]*, B계통에서는 41번모선의 1.84[%]*이고 B계통의 33번모선을 제외한 나머지 전압감도모선의 오차는 1[%]이내로 양호한 결과를 보여주고 있다. 한편, 고속분할조류계산의 1회 반복계산의 경우에는, A계통의 15번모선에서 2.142[%], B계통에서는 41번모선에서 2.298[%]의 오차를 나타내었다.

다음에 표5.3, 5.4는 단일선로상정사고시 위의 두가지 모델계통에 대하여 본 연구에서 제안하는 방법과 고속분할조류계산의 1회 반복계산법과의 평균계산시간을 비교한 것이다. 이 평균계산시간은 모든 선로의 단일선로사고를 고려할때의 전체계산시간을 선로수로 나눈값을 의미한다. 이 표5.3, 5.4를 살펴보면 본 연구에서 제안하는 방법이 종래의 고속분할 조류계산의 1회 반복계산법보다 계산속도면에서 3배 이상 빠르다는 것을 알 수 있다. 그리고 이러한 계산속도면에서의 이득은 계통의 규모가 커질수록 전체모선수에 대한 전압감도

표 5-2 B계통에 대한 스크리닝 결과

Table5-2 Contingency Screening Result for B System.

전압 감도 모선	사고전 전압	사고후 전압의 참값	전압변화량	본 연구에 의한 방법	오차(%)
33	0.9925	0.9143	0.0782	0.9266	1.23
46	0.9968	0.9654	0.0314	0.9691	1.37
41*	0.9884	0.8846	0.1038	0.9030	1.84*
40	0.9843	1.9310	0.0533	0.9382	0.72
31	0.9880	0.9309	0.0571	0.9363	0.54
32	0.9867	0.9385	0.0482	0.9429	0.44
55	0.9999	1.0229	0.0230	1.0208	0.20
112	0.9958	0.9680	0.0278	0.9723	0.43
44	0.9752	0.9531	0.0221	0.9539	0.08
45	0.9832	0.9582	0.0250	0.9594	0.12
52	0.9826	1.0190	0.0364	1.0227	0.37
50	0.9806	0.9279	0.0527	0.9343	0.64
54	0.9747	0.9252	0.0495	0.9299	0.47
98	0.9759	0.9498	0.0261	0.9512	0.14
53	0.9935	0.9622	0.0313	0.9652	0.30
56	0.9986	0.9775	0.0211	0.9779	0.04
34	0.9939	0.9557	0.0382	0.9609	0.52
105	0.9837	0.9368	0.0469	0.9426	0.58
113	0.9858	0.9596	0.0262	0.9613	0.17
49	0.9769	0.9453	0.0316	0.9486	0.33

표 5-3 단일선로 상정사고에 대한 스크리닝시간의 비교(A계통)

Table5-3 Comparison of CPU Times for Screening A single branch contingency (A계통)

	평균 계산 시간(sec)
FDLE	0.475
PQVS	0.146

CPU Time in secs
(IBM AT)

모선수의 비율이 작아지기 때문에 더 커진다는 것을 알 수 있다.

표 5-4 단일선로 상정사고에 대한 스크리닝시간의 비교(B계통)

Table5-4 Comparison of CPU times for Screening a single branch contingency (B계통)

	평균 계산시간(sec)
FDLF	5.411
PQVS	1.587

5. 결 론

본 연구에서는 계산시간이 빠르며 신뢰성있는 전압안전도해석을 위한 상정사고스크리닝알고리즘을 개발하였다. 이것은 먼저, 송전회로망을 유효분, 무효분등가회로로분리한 다음, 유효분 등가회

로부터 계산되는 위상각의 변화량을 이용하여 중요한 전압변화가 일어나는 전압감도모선을 결정하고 무효분등가회로부터 이들 감도모선에 대해서만, 전압크기를 계산하는 방법에 근거를 둔 것으로서 몇가지 모델계통에 적용해 본 결과

- (1) P-Q분리등가회로를 이용하여 전압안전도 해석을 위한 상정사고스크리닝을 하므로써 고속 분할조류계산의 1회반복 계산보다 3배이상의 계산시간을 단축시킬 수 있었다.
- (2) 무효분등가회로의 근사적인 구성에 따른 계산적인 오차를 줄이기 위하여 모든 전압감도모선에 대하여 무효분등가회로를 구성할때 무시된 성분을 주입하는 고속오차수정계산법을 사용하므로써 계산결과의 신뢰성을 높일 수 있었다.
- (3) 본 연구에서는 단일선로상정사고에 대해서 상정사고스크리닝을 수행하였지만 다중선로상정사고, 발전기사고등에 대해서도 본 방법의 적용을 위하여 앞으로 계속연구할 예정이다.

REFERENCE

- [1] F.Albuyeh, A. Bose and B. Heath, "Reactive Power Considerations in Automatic Contingency selection," *ibid*, vol. PAS-101, pp. 107-112, January 1982.
- [2] M.G. Lauby, T.A. Mikolinnas and N.D. Reppen, "Contingency selection of Branch

- Outages Causing Voltage Problems," *ibid*, vol. PAS-102, pp. 3899-3904, December 1983.
- [3] K.Nara, K. Tanaha, H. Kodama, R.R. Shoultz, M.S. chen, P. Van olimda and D. Bertagnolli, "On-line Contingency selection for Voltage Security Analysis," *ibid*, vol. PAS-104, pp. 847-856, April 1985.
- [4] V. Brandwajn, M.G. Lauby, "Complete Bonuding Method For AC Contingency Screening," *ibid*, vol. PAS-108, pp. 724-729, May 1989.
- [5] G.C. Ejebe, H.P. Van Meeteren, B.F. Wollenberg, "Fast Contingency Screening And Evaluation For Voltage Security Analysis," *ibid*, vol. PAS-107, pp. 1582-1590, November 1988.
- [6] B. Stott and O. Alsac, "Fast Decoupled Load Flow," *ibid*, vol. PAS-93, pp. 859-869, May/June 1974.
- [7] 李東健, 田中英一, 長谷川淳: 「PQ分離等價回路による高速想定事故解析手法」 電氣學會論文誌 B分冊 107卷 1號 pp.9-16(1986)
- [8] O. Alsac, B. stott and W.F. Timney, "Sparsity-Oriented Compensation Methods for Modified Network Solutions," *ibid*, vol. PAS-102, pp. 1050-1060, May.
- [9] 송길영, 김영한, 노대석, 온라인 고속상정사고선택에 관한 연구, "전기학회논문지, 제36권, 제5호, pp. 309-318, 1987년 5월