

전력계통 전압외란에 대한 자가수용가의 과도 안정도 해석

(Transient Stability of Industrial Plant on Voltage Disturbance
in the Utility System)

조양행* · 정재길**

(Yang-Haeng Cho · Jai-Kil Chung)

요 약

최근의 자가발전기를 보유한 대용량 수용가에서는 자체의 전력계통을 안정하게 유지하기 위한 평가 방법으로
서 안정도 해석을 통한 계통의 문제점을 파악하는 것은 중요한 과제이다.

본 논문은 전력계통에 있어서 대전력계통(한전계통)측의 3상 단락고장시 고장 지속 시간에 따른 자가 발전을
보유한 수용가 전력계통의 전압에 미치는 영향을 조사 분석한 논문으로 한전계통측의 고장 지속 시간에 따라 수
용가 계통의 발전기 및 동기기가 불안정하게 된다.

이러한 불안정현상은 후비보호 계전기(저전압 계전기)의 적절한 시간 설정으로 한전계통과 분리하고 수용가의
부하를 차단하므로써 안정도를 증진시킬 수 있다.

Abstract

The dynamic analysis of stability in industrial power system is an important subject. In this paper, the
effect of voltage dips for short duration(short-circuit)in the utility system on generators, synchronous motors
of the industrial plant and the measures to be adopted to reduce the undesired effects of voltage dips are
investigated.

In the case of utility three-phase short-circuits of longer duration, both the generators and synchronous
m-tors in the plant may become unstable. In order to avoid instability through fault clearing in the second
zo-ne time a decoupling device is necessary.

The instability of voltage can be avoided with a well suited setting time of disconnecting device and load
trip.

* 정회원 : 영동전문대학 전기과 조교수

**정회원 : 중앙대학교 전기전자공학부 교수

접수일자 : 1998. 5. 4.

1. 서 론

최근의 전력계통은 전력수요의 신장과 이에 따른 전원 개발로 계통규모는 해마다 커지고 있다. 또한 자가발전을 보유한 대용량 수용가도 크게 증가하고 있다. 이러한 전력계통의 안정적인 운용과 합리적인 계획수립을 위하여 안정도 해석은 필수적이며, 특히 계통이 복잡해짐에 따라 나타나는 여러 가지 불안정 요인을 규명하고 대책을 수립하는 것이 긴급하다[1~3].

자가 발전을 보유한 대용량 수용가의 안정도 해석 목적은 수용가 발전기가 전력계통(이하 한전계통이라 함)에 외란이 일어난 후에 운전을 계속할 수 있는 가를 결정하는 일이다. 전력계통에서의 주요 외란은 순간적인 한전계통 Trip 이나 3상 단락고장이다.

전력계통에 외란이 발생한 경우 수용가 입장에서는 안정도를 유지하기 위해 가능한 한전계통과 연계되어 있어야하고, 고장시간이 긴 경우는 한전계통과 분리 운전하는 것이 바람직하다.

전력계통에서 동기기의 비동기 운전은 동기기의 스트레스뿐만 아니라 계통전압 변화로 다른 부하에 영향을 준다.

전력계통의 외란중 3상 단락고장은 한전계통, 한전계통과 수용가 사이의 송전선로, 수용가 내부고장으로 볼 수 있다.

송전선로의 고장시는 주보호 계전기인 거리계전기가 동작하여 양단을 고속 차단하게 되고, 수용가 내부고장도 자체의 주,후비 보호계전기로 동작될 수 있다. 그러나 수용가의 인접 변전소 모선에 연결된 선로의 가까운 지점에 고장이 발생하였을 경우 보통은 해당 선로의 계전기가 고속 동작하여 고장을 제거하거나 이 계전기가 부동작 할 경우에는 수용가에서는 거리계전기 2단이나 저전압 계전기가 동작하게 된다.

본 논문에서는 이러한 후비보호 동작시간(한전계통측의 3상 단락고장시) 수용가 모선전압에 미치는 영향을 조사한 논문으로 한전계통측의 고장 지속 시간에 따라 수용가 계통의 발전기 및 동기기가 불안정하게 된다.

이러한 불안정 현상은 적절한 후비보호 계전기의 동작 시간 설정으로 전력계통과 분리하므로써 안정도를 증진시킬 수 있으며, 고장 지속 시간에 따라 수용가의 부하를 적절히 차단하므로써 계통의 전압안정도를 회복할 수 있다.

2. 시스템 모델링

안정도 해석에 있어서 계산법과 전력계통에 포함되어 있는 기기 및 제어계의 모델화가 중요하므로, 그 표현방법이 계산정도에 미치는 영향은 크다.

2.1 동기 발전기

안정도 해석에서는 PARK의 기본식에 의한 상세 모델이 사용되고 있다. PARK의 기본식은 회전자회로에 관하여 d축에 계자 권선 및 하나의 제동권선, q축에 2종류의 제동권선을 고려한 방정식으로 발전기 회전자축의 각 권선에 대한 쇄교자속을 전기자축으로 환산하여 나타내면 식 (2.1), 식 (2.2)과 같다.

$$\begin{bmatrix} \phi_d \\ \phi_q \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} X_d & 0 \\ 0 & X_q \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_{ad} & X_{ad} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X_{aq} & X_{aq} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{fd} \\ I_{kd} \\ I_{fq} \\ I_{kq} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$$\begin{bmatrix} \phi_{fd} \\ \phi_{kd} \\ \phi_{fq} \\ \phi_{kq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{fd} & X_{ad} & 0 & 0 \\ X_{ad} & X_{kd} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X_{fd} & X_{aq} \\ 0 & 0 & X_{aq} & X_{kq} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_{fd} \\ I_{kd} \\ I_{fq} \\ I_{kq} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} X_{ad} & 0 \\ X_{ad} & 0 \\ 0 & X_{aq} \\ 0 & X_{aq} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

여기서,

$$X_d = X_{ad} + X_L, \quad X_q = X_{aq} + X_L, \\ X_{fd} = X_{ad} + X'_{fd}, \quad X_{kd} = X_{ad} + X'_{kd}$$

X_{ad} : 전기자 권선과 계자권선, 제동권선 간의 상호리액턴스

X_L : 전기자 누설 리액턴스

X_{fd} : 계자회로 누설 리액턴스

d, q축 전기자 및 회전자 회로 전압 방정식은 식 (2.3), 식 (2.4)과 같으며,

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_d \\ \phi_q \end{bmatrix} - R_s \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} + \omega \begin{bmatrix} -\phi_q \\ \phi_d \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$$\begin{bmatrix} E_{fd} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \phi_{fd} \\ \phi_{kd} \\ \phi_{fq} \\ \phi_{kq} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R_{fd} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & R_{kd} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & R_{fq} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & R_{kq} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{fd} \\ I_{kd} \\ I_{fq} \\ I_{kq} \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

과도시 전압방정식은 식 (2.5)와 같다

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \omega \begin{bmatrix} -\phi_q \\ \phi_d \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R_s & -\omega X'_q \\ \omega X'_d & R_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

전력계통 전압외란에 대한 자기수용가의 과도 안정도 해석

PARK 식으로 나타낸 각 수식은 발전기의 좌표계(PARK의 좌표계)로 표현되었으므로 이를 회로망과 결합할 때에는 회로망의 좌표계(KRON의 좌표계)로 변환할 필요가 있다. 이때 전류에 대한 변환식은 식 (2.6)을 이용한다

$$\begin{bmatrix} I_R \\ I_I \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin \delta & \cos \delta \\ -\cos \delta & \sin \delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

여기서, δ 는 실수축R과 Q축간의 상차각이다.

터빈에서 발전기 회전자에 가해지는 기계적인 입력력을 $P_m(w)$ 와 발전기의 전기적 출력을 $P_e(w)$ 라 하고, 발전기의 제동권선에 해당하는 제동토크(P_d : 제동 토크전력)를 감안하면 발전기의 운동 방정식은 식 (2.7)이 된다.

$$\frac{M}{\omega_n} \frac{d^2 \delta}{dt^2} + \frac{D}{\omega_n} \frac{d \delta}{dt} + P_e = P_m \quad (2.7)$$

2.2 제어기

발전계통은 전력을 발생시키는 발전기와 발전기를 구동하기 위하여 기계적 토크를 제공하는 원동기로 구성되고 각 설비는 전압제어용 여자기(Exciter)와 속도제어용 조속기(Governor)에 의하여 제어된다.

현재 동기기에 사용되고 있는 여자기는 여러 가지 방식이 사용되고 있다. 여자기는 주발전기의 단자 전압(V_t)을 일정하게 유지하는 것이 주목적이지만 안정도 향상을 목적으로 이용되고 있다.

여자기는 V_t 와 기준치 V_{ref} 와 차를 검출하여 여자전압 E_{fd} 를 제어하고 V_{ref} 로 유지하기 위하여 작용한다.

본 논문에 이용된 여자기의 블록도는 그림 2.1과 같은 Brushless형이 적용되었다.

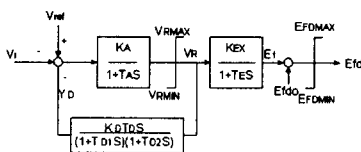


그림 2.1 AVR의 전달함수
Fig. 2.1 Transfer function of AVR

이 블록도에서 AVR 과 여자기를 방정식으로 표현하면 식 (2.8), (2.9)와 같다.

$$\frac{d}{dt} V_R = \frac{1}{T_A} [K_A (V_{ref} - V_t - Y_D) - V_R] \quad (2.8)$$

$$\frac{d}{dt} E_f = \frac{1}{T_E} [K_{EX} \cdot V_R - (E_f - E_{fd0})] \quad (2.9)$$

그림에서 K_A , K_{EX} 및 T_A , T_E 는 AVR과 여자기 이득과 시정수이며, K_D 및 T_D , T_{D1} , T_{D2} 는 난조방지회로의 이득과 시정수이다. 또한 E_{fd0} 는 계통초기 계산값이다.

조속기는 그림 2.2와 같은 일반형의 블록도가 적용되었다.

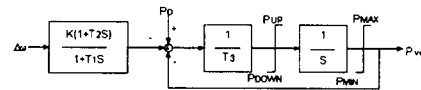


그림 2.2 조속기의 전달함수
Fig. 2.2 Transfer function of governor.

위 그림에서 K =정격역률(p.u) / 조정률*2 Π ff 이며, T_1 , T_2 , T_3 는 조속기의 시정수이다.

또한, 터빈은 그림 2.3과 같은 탠덤형을 적용하였으며, 조속기에서 나온 출력값 P_{vg} 가 터빈의 입력이 된다.

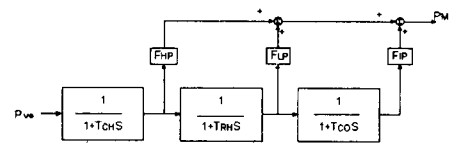


그림 2.3 터빈의 전달함수
Fig. 2.3 Transfer function of turbine.

그림 2.3 에서 F_{HP} , F_{TP} , F_{LP} 와 T_{ch} , T_{rh} , T_{co} 는 터빈의 분담비와 시정수이다.

2.3 부하

안정도 계산시 부하에 대한 계산은 전압특성 및 주파수특성과 관련하여 계산기에 의하여 정밀한 모델화

가 가능해졌고, 부하특성으로 인한 계통 동요의 제동에 대한 영향을 무시할 수 없으며, 장시간에 걸친 현상해석의 필요성 등으로 인하여 그 중요성이 증가하고 있다. 부하의 전압특성, 주파수 특성이 안정도에 미치는 영향은 조건에 따라 다르며 일반적 경향을 파악하는 것은 어렵지만 발전기에 일정부하가 있으면 전력동요 억제에 효과가 있고, 한편 부하가 전압과 같이 변화하면 외란 중의 전압변화가 적어 부하가 전압 유지에 기여하여 안정도가 증가하는 경우도 있다. 특히 무효전력 부하가 전압에 의해 크게 변화되면 전압을 매개로 하여 간접적으로 유효전력 부하도 변화된다.

또, 부하특성은 정적인 모델이 아니고 대형 전동기 및 유도기 부하와 같이 동적 모델이 필요한 것도 있다.

부하에는 수 종류의 것이 포함되어 있으므로 이를 모델링하는 방법으로는 정임피던스, 정전류, 정전력부하로 나누어 다음 식으로 정의한다.

$$P_L = P_{Lp}[P_{Lp} + P_{Lc}(\frac{V}{V_0}) + P_{Lz}(\frac{V}{V_0})^2] \quad (2.10)$$

$$Q_L = Q_{Lp}[Q_{Lp} + Q_{Lc}(\frac{V}{V_0}) + Q_{Lz}(\frac{V}{V_0})^2] \quad (2.11)$$

$$(P_{Lp} + P_{Lc} + P_{Lz} = 1.0, Q_{Lp} + Q_{Lc} + Q_{Lz} = 1.0)$$

본 논문에서는 동기전동기 부하는 각각에 대하여 모델링하였으나, 일반 부하는 임피던스 부하로 취급하여 시뮬레이션하였다.

3. 해석 기본식

전력계통의 동특성을 표현하는 방정식은 회전기와 그 제어회로의 동작상태를 나타내는 미분방정식과 전력계통 구성을 나타내는 방정식으로 다음과 같이 나타낸다.

$$\dot{X}(t) = F[X(t), Y(t)] \quad (3.1)$$

$$0 = G[X(t), Y(t)] \quad (3.2)$$

단, X(t): 상태벡터, 초기치 X(t₀) = X₀,

Y(t) : 계통전압벡터

식 (3.1), (3.2)는 시간의 함수로서 동시에 해가 구

해져야 한다. 상기 방정식의 해법으로는 상태변수의 초기치 X₀를 구하고 식(3.2)으로 부터 고장시 회로망 방정식을 풀어서 Y(t)를 계산한 다음, 식(3.1)에서 수치적분을 행하여 X(t)를 구하는 순서를 취하면서 식 (3.2)와 (3.1)의 해를 교대로 구하여 회전자의 동요곡선(Swing Curve)을 구한다.

안정도에 관한 방정식은 비선형의 연립 상미분 방정식으로 이 방정식의 해를 구하는데 널리 쓰이고 있는 방법으로는 수정 오일러법, 제형 적분법, 문계-쿠타법 등이 사용되고 있다. 이중 수치안정도가 좋은 제형 적분법이 주로 사용되고 있다.

본 논문에서는 제형적분법을 이용하여 계산을 수행하였으며, 이 방법은 예측수정법 (Predictor and corrector Method)의 한 방법으로 P_i(x_i, y_i)와 그 직전에 얻어진 2개(또는 1개)의 점 P_{i-1}(x_{i-1}, y_{i-1}), P_{i-2}(x_{i-2}, y_{i-2})를 사용하고, 다음의 점 P_{i+1}(x_{i+1}, y_{i+1})를 예측식(Predictor)에 의해서 가정한 점으로써 결정하고 이것을 다른 수정식(Corrector)을 기본으로 하여 추차 수정하는 방법이다. 예측 및 수정식은 식 (3.3), (3.4)이 사용된다.

$$\text{예측식: } {}_0y_{i+1} = y_{i-1} + 2h f(x_i, y_i) \quad (3.3)$$

$$\text{수정식: } {}_k y_{i+1} = y_i + \frac{h}{2} [f(x_i, y_i) + f(x_i + h, {}_k y_{i+1})] \quad (3.4)$$

우선 예측식에 의해 가정점 (x_i + h, o_yi+1)을 결정하고, 수정식을 k=0,1,2 ...로 변해가며 1y_{i+1}, 2y_{i+1}, 3y_{i+1} ... 과 같이 결정점을 수정하여 수렴시키는 방법이다.

또한 동특성해석을 위한 전력조류계산 방법으로서 정상 운전시 상태변수의 초기치 결정을 위한 조류계산은 뉴턴-랩슨법을 사용하고 과도시의 조류계산에서는 모션 어드미턴스 행렬 삼각화 분해법을 이용하였다.

4. 모델 전력계통

4.1 모델 시스템

모델계통은 그림 4.1과 같은 154[KV]로 수전하는 수송가 계통을 선정하였다.

한전계통과 수송가 사이에는 가공선으로 2회선 수전하며 수송가 구내는 100[MW] Steam발전기가 7대

전력계통 전압의란에 대한 자가수용가의 과도 안정도 해석

가동하는 계통이다.

본 계통도는 모선수가 108개, 선로 48개, 동기전동기 11대, 변압기 76대에 대하여 모델링되었으며 그림 4.1은 전체 계통을 단순화하여 나타냈다.

계산에 적용한 데이터는 다음과 같이 1)~5)까지는 100MVA 기준 값이며, 그 이외에는 자가용량 기준 값이다..

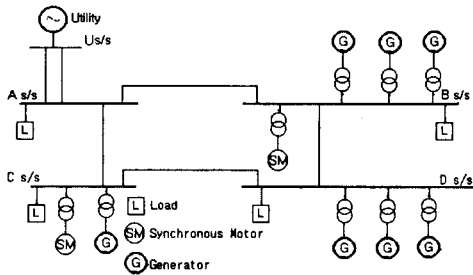


그림 4.1 모델 계통
Fig. 4.1 Model system for plant.

- 1) 송전선로(회선당) : $R=0.0045\text{p.u}$, $X=0.03\text{p.u}$,
 $Y_c=0.005\text{ p.u}$
- 2) 변전소간 선로(회선당) : $R=0.000\text{ p.u}$,
 $X=0.0006\text{ p.u}$, $Y_c=0.2655\text{ p.u}$
- 3) 변압기(동기발전기측) : $R=0.003\text{p.u}$, $X=0.1082\text{ p.u}$
- 4) 변압기(동기전동기측) : $R=0.011\text{p.u}$, $X=0.2815\text{ p.u}$
- 5) Utility : $X_d'=1.07$, $X_d''=1.07$, $R_a=0.001$
- 6) 동기발전기 : 용량117MVA, $M=9.135(\text{sec})$,
 $X_d''=0.263$, $X_d'=0.307$, $X_q''=0.261$,
 $X_q'=0.551$, $X_q=1.63$, $X_d=1.67$, $R_a=0.001$
여자기: $K_A=146.5$, $T_A=0.01$, $K_{EX}=1.0$, $V_{Rmin}=-5.42$
 $V_{Rmax}=5.6$, $K_D=0.04$, $T_D=0.9$
조속기: $K=0.056$, $T_2=0.22$, $T_3=0.25$, $P_{min}=0.0$,
 $P_{max}=1.03$
터어빈: $T_{CH}=0.19$, $T_{RH}=0.25$, $T_{CO}=0.3$, $F_{HP}=0.29$,
 $F_{LP}=0.44$, $F_{IP}=0.27$
- 7) 동기전동기: 용량48.6MVA, $M=8.97(\text{sec})$, $X_d''=0.17$,
 $X_d'=0.22$, $X_q''=0.19$, $X_q'=0.36$, $X_q=1.24$,

$X_d=1.31$, $R_a=0.001$

8) 전체 부하용량 : $PL=709.3\text{MW}$, $QL=221.5\text{MVAR}$

4.2 시뮬레이션 및 결과

서론에서 언급된 것과 같이 계통의 외란 중 한전계통측 U_s/s 의 모선 근처에서 발생한 3상 단락고장에 대하여 5[sec] 시간에 걸쳐서 시뮬레이션 하였으며, 고장 시작 시간은 0.1[sec]에서 시작되는 것으로 하였다.

1) Case 1

시뮬레이션 Case로는 그림 4.1의 한전계통 U_s/s 에서 3상 단락고장에 대해 고장 지속 시간을 100, 150, 200, 250, 290[msec]에 걸쳐서 계산하였다.

그림 4.2는 A_s/s 의 모선전압이며, 그림 4.3은 자가발전기의 위상각이다. 시뮬레이션 결과와 같이 U_s/s 측에 3상 단락고장이 생기면 수용가의 모선에서는 전압이 0.3[p.u]까지 떨어지고 고장 지속 시간이 길어지면 수용가 모선전압의 회복시간이 늦어지는 것을 볼 수 있다. 고장 지속 시간이 290[msec]를 넘으면 전압이 불안정하고, 발전기가 탈락하게 되는 안정도 한계 시간이다.

즉, 고장시간이 290[msec]이상 지속된다면 그 이전에 한전계통과는 계통을 분리해야 된다.

이러한 고장시간은 한전계통과 수용가 사이에 설치되어 있는 거리계전기의 2단(Zone 2)이 동작하는 구간으로 계전기의 동작시간이 20c/s(333msec)일 때 이보다 먼저 저전압 계전기 등으로 한전계통을 분리해야 된다.

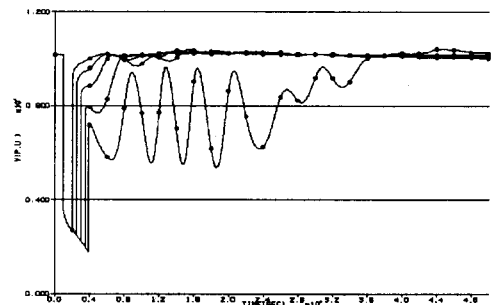


그림 4.2 Case 1에 대한 A S/S의 모선전압
Fig. 4.2 A S/S bus voltage for case 1

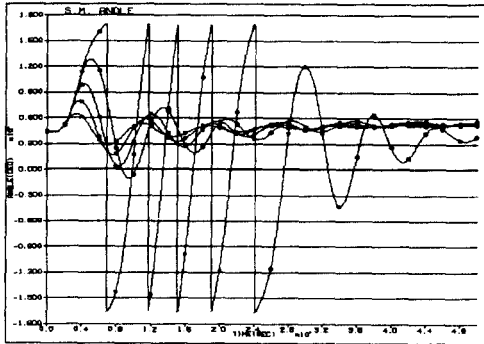


그림 4.3 Case 1에서 발전기 위상각
Fig. 4.3 Generator angle of case 1

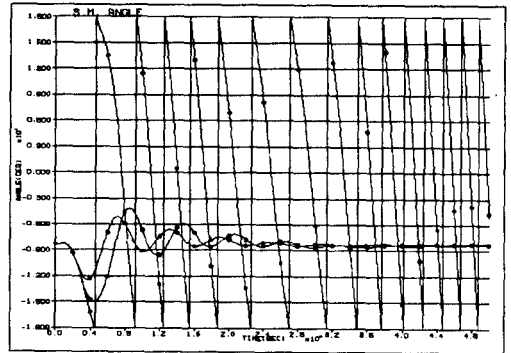


그림 4.5 Case 2에서 발전기 위상각
Fig. 4.5 Generator angle of case 2

1) Case 2

Case 1에서는 한전계통측 고장시에도 수용가는 연계되어 있는 경우이나, 이번에는 3상 단락 고장 시간 중 150, 200, 290[msec]에 고장이 제거되고 동시에 수용가의 수전 차단기를 분리하여 단독으로 운전하는 경우이다.

그림 4.4, 4.5는 A/s의 모선전압과 발전기 위상곡선의 시뮬레이션 결과이다

결과 그래프와 같이 한전계통과 분리됨으로써 Case 1과 비교할 때 모선전압의 회복 시간이 더 길어진다. 200[msec]의 경우에서 모선전압이 0.7[p.u]까지 내려가는 시간이 약 0.4[sec]정도나 된다.

이는 수용가내의 유도 모터들이 저 전압으로 차단될 수 있는 시간이다. 그러므로 수용가 내의 부하량을 차단할 필요가 있다.

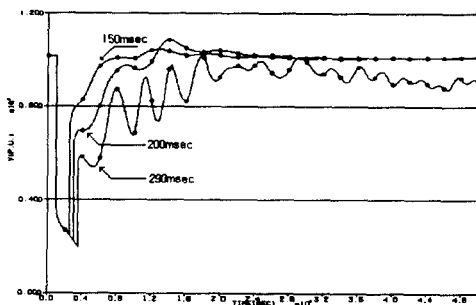


그림 4.4 Case 2에 대한 A S/S의 모선전압
Fig. 4.4 A S/S bus voltage for case 2

3) Case 3

본 Case는 Case 2의 200[msec]에 대해 수용가 내부의 부하량을 차단시킨 경우이다.

그림 4.6은 A/s의 모선전압으로써 부하차단량은 수용가 각 모선에서 임피던스 부하를 10[%], 20[%], 임피던스부하 10[%]+동기기부하 40[%], 임피던스 부하 20[%]+동기기부하 40[%]를 차단 시켰을 때의 결과이다.

결과와 같이 부하차단량을 증가시킴에 따라 전압회복 특성이 좋아지는 것을 알 수 있다.

부하량(임피던스 부하 20[%]+동기기 부하 40[%])을 차단하는 경우는 부하를 차단시키지 않은 경우보다 모선전압이 0.7[p.u]까지 내려가는 시간이 0.4[sec]에서 약0.2[sec]로 개선됨을 볼 수 있다.

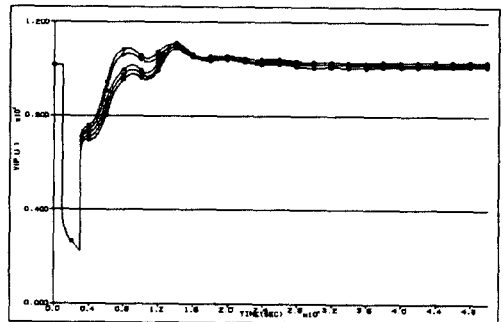


그림 4.6 Case 3에 대한 A S/S의 모선전압
Fig. 4.6 A S/S bus voltage for case 3

5. 결 론

자가 발전을 보유한 대용량 수용가의 안정도 해석 목적은 수용가 발전기가 계통에 외란이 일어난 후에 운전을 계속할 수 있는 가를 결정하는 일이다. 계통에서의 주요 외란은 순간적인 한전계통 Trip이나 계통의 3상 단락고장 같은 것이다.

계통에 외란이 발생한 경우 수용가 입장에서는 안정도를 유지하기 위해 가능한 한전계통과 연계되어 있어야 하고, 고장 시간이 긴 경우는 한전계통과 분리 운전하는 것이다.

본 논문은 계통의 외란중 한전계통측의 3상 단락고장시 수용가 내에 미치는 영향을 조사한 논문이다.

그 주요 내용으로는 한전계통측에서 3상 단락고장에 대해 고장 지속시간을 100, 150, 200, 250, 290[msec]에 걸쳐서 계산한 결과 수용가의 모선에서는 전압이 0.3[p.u.]까지 떨어지고 고장 지속 시간이 길어지면 수용가 모선전압의 회복시간이 늦어지는 것을 볼 수 있다.

고장 지속 시간이 290[msec]를 넘으면 전압이 불안정하고, 발전기가 탈락하게 되는 안정도 한계 시간이다.

즉, 고장시간이 290[msec]이상 지속된다면 그 이전에 한전계통과는 계통을 분리해야 된다.

또한, 3상 단락고장 지속 시간 중 150, 200, 290[msec]에 고장이 제거되고 동시에 수용가의 수전 차단기를 분리하여 단독으로 운전하는 경우 수용가 모선전압은 회복시간이 더 길어지며, 200[msec]의 경우에서 모선전압이 0.7p.u까지 내려가는 시간이 약 0.4[sec]정도나 된다.

이는 수용가내의 유도 모터가 저전압으로 차단될 수 있는 시간이다. 그러므로 수용가 내의 부하량을 차단하여 전압 회복시간을 빠르게 할 필요가 있다.

전압 회복시간을 빠르게하기 위해 고장시간 200 [msec]에 대해 수용가 내부의 부하량(임피던스 부하 20[%]+동기기 부하 40[%])을 차단한 경우는 부하를 차단시키지 않은 경우보다 모선전압이 0.7[p.u.]까지 내려가는 시간이 0.4[sec]에서 약 0.2[sec]로 개선됨을 볼 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Louie J. Powell, "An Industrial View of Utility Cogeneration Protection Requirements", IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 24, no. 1, pp. 75-81, Jan 1988.
- [2] Philip A. Nobile, "Power System Study for Cogeneration", IEEE Trans. Ind. Appl., vol IA-23, no. 5, pp.784 Sep. 1987.
- [3] Kenneth W. Carrick, "Minimizing the Effects of Voltage Disturbance on Continuous Industrial Processes", IEEE Trans Ind. Appl., vol 32, no. 6, pp.1424-1430, Nov. 1996.
- [4] HDommel and N.Sato, "Fast Transient Stability Solutions", IEEE Trans. Power App. Syst., vol PAS-91, pp.1643-1650, July. 1972.
- [5] P.M.Anderson, AAFound, "Power System Control and Stability", IOWA STATE University Press. 1977.
- [6] IEEE Committee Report, "Dynamic Models for Steam and Hydro Turbines in Power System Studies", IEEE Trans. Power App. Syst., Nov/Dec. 1973.

◇ 著 者 紹 介 ◇



조 양 행 (趙揚行)

1954년 6월11일생. 1980년 명지대 전기공학과 졸업. 1982년 명지대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 중앙대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 74~83 한국전력. 83~97 포스코개발(주). 97~현재 영동전문대학 전기과 조교수.



정 재 길 (鄭在吉)

1934년 8월24일생. 1961년 서울대교 전기공학과 졸업. 1973년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년 숭실대 대학원 전자공학과 졸업(박사). 61~74 한국전력. 74~현재 중앙대학교 전기공학과 교수. 발송배전기기술사.