전력계통에서의 과전류계전기 보호협조에 관한 연구

(A Study on the Overcurrent Relay Coordination in Power Systems)

최홍규 · 김경철 · 오정석 · 김병철*

(Hong-Kyoo Choi · Kyung-chul Kim · Jung-Suk Oh · Byung-Chul Kim*)

Abstract

When fault occur in power systems, the protective relay plays a roles of protecting power system according to its setting values. There, it is very important that the protective relay have high selectivity performance in power system by correct setting the relays. This paper analyzed protect device protect cooperation or Transient stability and apply to Overcurrent relay in the real power system operation environment by using EDSA Program.

1. 서 론

전력계통에는 수많은 발전소, 변전소, 송 · 배전설비가 서로 복잡하게 연계되어있어 전력계통의 어느 지점에서 고장이 발생하였을 경우 신속하게 이 고장 구간을 계통으로부터 분리시키지 않으면 안된다.

고장 구간을 계통으로부터 분리시키지 못하면 과도한 고장전류가 흐르고, 이상 전압이 발생하거나 위상이 변동되어 전력 설비는 크게 손상 될 뿐만 아니라 고장이 인접 구간으로 파급 확대되며, 연쇄적으로 진전될 경우 전력 계통 붕괴의 위험이 뒤 따르게 된다. 모든 전력 설비에는 그 설비의 이상 상태를 항시 감시하고 고장이 발생될 때에는 고장을 검출하여 그 설비를 전력 계통으로부터 신속하게 분리시키는 보호 계전 설비를 갖추어야 한다. 고장이 발생한 선로 구간이나 기기는 가능한 빠른 시간 내에 계통으로부터 분리해서 고장을 제거해 주도록 해야 한다. 이 경우 자동으로 동작하는 차단기에 의해 고장이 제거되는 것은 물론이지만 고장의 종류, 고장 전류, 전압의 크기, 고장 점의 위치 등을 정확하게 검출해서 고장 구간을 고속도로 선택 차단하는 지령을 내리는 등 계통보호를 위한 기능을 다하기 위해서 설치하는 것이 보호계전기이다.

그러나 보호계전기는 종류도 많고, 또한 보호계전기를 정정하는 데는 정정과정이 단순하지 않고 여러 복잡한 단계를 거쳐 작업이 수행되므로 오류가 발생할 가능성이 크다. 만약 이와 같이 정정 작업을 통해 계전기가 송전 계통에 설치운영 되고 있다 할지라도 고장 시에 정확하게 동작할지는 실제 계통상에 고장이 일어나야만 알 수 있다. 정상상태에서는 각 계전기가 정확하게 정정되었는지의 검증은 현재 이루어지지 않고 있으며 계전기의 올바른 동작여부를 판단하기 위하여 직접적인 테스트는 운영상 거의 불가능하기 때문에 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 이러한 보호계전기의 정정작업이 이루어지지 않은 상태에서 계통에 고장 발생시 보호계전기의 오동작으로 인한 그에 따른 피해는 실로막대하다. 따라서 계전기의 정정 작업 후 검증 과정은 필수적이라 할 수 있다.

본 연구에서는 전력계통을 해석하는데 많이 사용되는 EDSA Program Ver. 2.95를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 보호계전기의 보호 정정작업을 위해 모선의 보호계전기 보호협조 T-CC(Time-Current Curve)그래프 및 조류계산, 고장전류계산, 모선에 고장모의 사고를 발생시킴으로서 과전류계전기가 어떻게 동작할 것인가에 초점을 두어 안정도를 판별하였다.

이를 위해 상용되는 다양한 제작사별 계전기의 동작모듈을 구현하고 고장모의에 의한 다양한 상황을 사용자가 한눈에 볼 수 있도록 그래픽화하여 화면상에 나타냄으로써 보호계전기의 정정 값을 검증할 수 있도록 구현하였다.[3][4]

2. 본 론

대부분의 전력계통의 경우 과전류에 의해 동작되는 보호설비인 과전류계전기(OCR), 전동기계전기(Motor Relay), 퓨즈(Fuse), 저압차단기 및 리크로저(Reclsoer) 등은 전류의 크기와 동작시간에 따라 인접보호 설비와 협조하여 고장구간을 판단하게 된다. 따라서 전류와 동작시간을 판단할 수 있는 시간-전류곡선(Time-Current

Curve)를 그려서 적정성을 검토하고 판단하게 되는 것이다.

2.1. AC계통의 보호계전기 보호협조 정정

오늘날 보호계전기의 보호협조(Protective Device Coordination)는 몇몇의 상용되는 컴퓨터 프로그램을 이용하는 것이 보편화되어 있는 추세인데 본 논문에서는 EDSA Program의 PDC(Protect Device Coordination)을 이용하여 시뮬레이션 하여 보호협조 정정작업을 수행하였다.

그림 1은 AC계통에 현재 상용되는 보호계전기를 이용하여 보호협조 정정 작업을 시뮬레이션한 것이다.

Supply cable : 1-0AWG Feeder
An AC Fuse : SM-5-STD/200E
Transformer : 1,000kVA
Main Breaker :AK/AKR ECS LS/AKR-30 600AMP
BUS #1 : 480Volt/200AMP
Breaker #1 : AK/AKR ECS LSI/AKR-30 100AMP
Relay 50/51 : ABB Relay DPU LT EXT INV
Motor : 41HP/480Volt

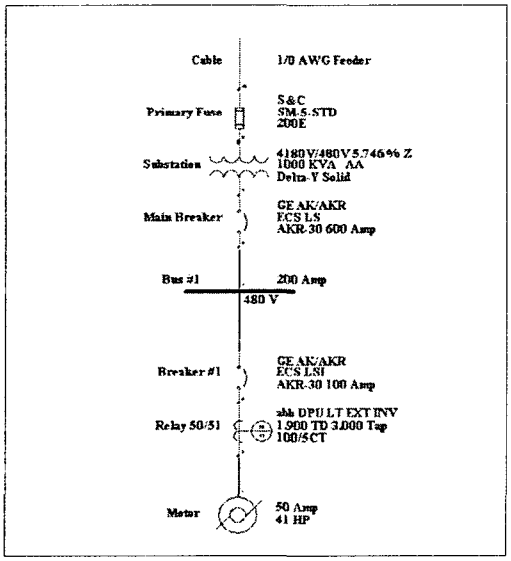

그림 1. Stand Alone AC PDC Single Diagram

그림 2는 AC계통의 보호계전기의 보호협조 정정 작업을 수행한 TCC(Time-Current Curve) 그래프를 나타낸 것이다.

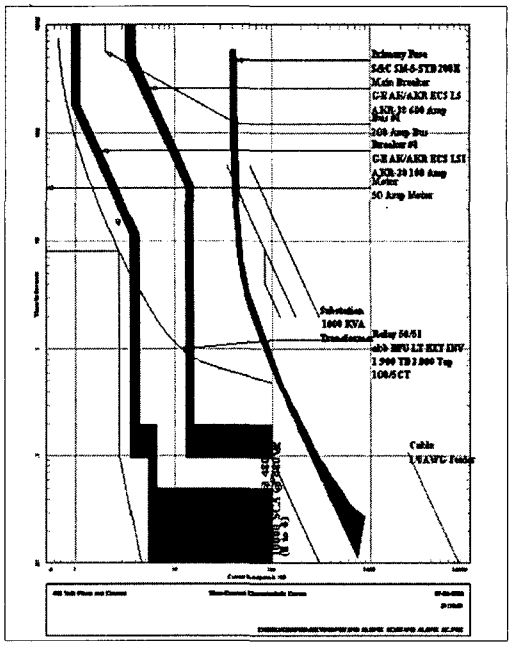

그림 2. Stand Alone AC PDC Time-Current Curve

T-CC 곡선은 보호계전기의 동작특성곡선, 변압기 정격 및 돌입전류, 전동기 기동곡선 및 고장전류(3상 단락, 1상 지락, 고장전류)를 표시하여 협조의 적정성을 용이하게 판별할 수 있게 한 것이다.

전동기의 기동전류에 의하여 모터와 가장 가까운 과전류계전기가 동작하게 되며 Breaker #1이 동작하여 전동기를 사고로부터 보호하게 되는 것이다.

또한 Main Breaker(주차단기)는 충분한 차단용량을 가져야 하며 Bus 2차측에 단락사고 시 동작하여 선로를 끊게 되어 2차측으로 사고가 확대 파급되는 것을 방지한다.

퓨즈는 변압기 및 1차측 사고 시 주보호를 수행하고 2차측 사고 시에는 약간의 시간 지연 동작이 이루어지도록 후비 보호 설치하는 것이 바람직하다.

따라서 계전기 협조의 주목적은 건전부분의 파급정지를 최소한으로 하는 것이기 때문에 이것을 실현하기 위해서는 그림 3에 나타내듯이 전원에 가까운 계전기는 보다 작은 전류 값으로 설정하지 않으면 안되는 것이다.

쉽게 이야기하자면 시한협조를 유지하기 위해서는 각각의 계전기 상호간 동작시간이 전원에 가까운 계전기는 보다 늦게, 부하에 가까운 계전기는 보다 빠르게 동작하도록 조절하여야 한다는 것이다.[6]

다음의 표 1은 보호계전기의 정정표는 위의 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타낸 것이다.

표 1. AC계통 보호계전기 보호 정정표

```
Copyright(C)1983-2002 EDSA-Micro Corp.  Protective Device Coordination v3.60.00

JobFile: C:WEDSAT2KWPROJECTSWSMWSTAND ALONE ACWSTAND ALONE AC.PDC
                                             Date : 07-07-2004
            Checked by:                      Time : 14:19:13
            Date:                            Page 1

************************************** Motors **************************************
 Identifying          Design Load Design Strt SC   Lock  Maximum  Acc  Stal Svc NEC OL NEC OC
 Node / Name  Device Type  Voltage Amps Amps Taps Factor Rotor Amp Start Amp Time(S) Time(S) Fct Limit Limit
-----------  -----------  ------- ----- ------ ----- ------ -------- -------- ------- ------- ---- ----- -----
     2          Motor       480   50   50  100%  5.50    275   4536   8.0   15.0 1.00   58  125
                                           Motor

************************************** Buses **************************************
              Identifying            Design  Load  Design
              Node / Name   Device Type   Voltage  Amps  Amps
              -----------   -----------   -------  ----- ------
                   5            Bus          480    200   200
                               Bus #1

************************************** Transformers **************************************
                                                         I-Ansi  Mag.Inrush  Arcing
  Identifying            Design  Load  Design    Imped Winding Withstand  Withstand  Current  Fault
  Node / Name  Device Type  Voltage Amps  Amps    Kva  (&)  Type   Type   At 2.00 S At 0.1 Sec Current
-----------  -----------  ------- ----- ------ -------- ----- ------- --------- --------- ---------- -------
   8    -7     Transformer   4160   138   138  1000.0 5.75 D-Y Sol Category 2   1388   1105   555
  Substation   1000-3-D       480  1203  1203  1000.0 DesignKva  FreqFault     12086   9623  4834

************************************** Feeders **************************************
              Identifying              Design Design          Ambient
              Node / Name    Device Type  Voltage Amps  Material Temp(C) Insulation
          -----------   -----------  ------- ------ -------- ------- ----------------
              11   -10      Feeder      4800   138  Copper   20.0 XL Pethyl/Ethylp
                          Cable              1/0

************************************** Fuses **************************************
              Identifying                          Design  Design
              Node / Name   Device Type   Model     Voltage Amps  Speed   Switch
-----------   -----------   -------------- ------- ------ -------- ------------------------
       10   -8      Fuse        Size 200E    4160   138  Standard  NEMA-3R RainTite 200 Amp
                             Primary Fuse   S&C         SM-5-STD
                                   153-4          Rating 4.800KV

************************************** Breakers **************************************
 Identifying                 Design  Design Sensor Cur --LongTime-- ----ShortTime---- --Inst.Time--
 Node / Name   Device Type   Model     Voltage Amps  Taps  Sett. Pickup Delay Pickup Delay I2T  Pickup  Delay
-----------  -----------  ------------- ------- ------ ----- ---------- ----- ------ ----- ---- ------ -----
     7    -5     SS CB       AKR-30      480   200   600 1.00  0.60X  MIN  4.00L  MIN
 Main Breaker    GE    AK/AKR  Frm Siz  800       X=Sensor C=Curr.Sett. L=Long Pickup S=Short Pickup H=Int.Rate
                             GES-6032A       ECS LS      Int Rat  30000
                                                  600V Class

 Identifying                 Design  Design Sensor Cur --LongTime-- ----ShortTime---- --Inst.Time--
 Node / Name   Device Type   Model     Voltage Amps  Taps  Sett. Pickup Delay Pickup Delay I2T  Pickup  Delay
-----------  -----------  ------------- ------- ------ ----- ---------- ----- ------ ----- ---- ------ -----
     4    -3     SS CB       AKR-30      480   100   100 1.00  1.00X  MIN  4.00L  MIN      6.00L  FIX
 Breaker #1      GE    AK/AKR  Frm Siz  800       X=Sensor C=Curr Sett. L=Long Pickup S=Short Pickup H=Int.Rate
                             GES-6032A       ECS LSI     Int Rat  30000
                                                  480V Class

************************************** Relays **************************************
                                                  -----------Inst Settings----------- Current
  Identifying                Design Design  Time Tap   Tap      Min  Max  Min  Max  Xfmr    SC
 Node / Name   Device Type   Model     Voltage Amps  Dial Setting Setting  PU   PU  Delay Delay Ratio  Amps
-----------  -----------  ------------- ------- ------ ------- ------- ------- ---- ---- ----- ----- ------- -------
     3    -2    Phase Relay   DPU LT EXT INV   480   50  1.900  3.0                    100/5  10000
                             Relay 50/51      abb
        605842R2    ---------------------------------------------------------------
                     CalPt (2.5): 29.97s  CalPt (3.0): 19.87s  CalPt (5.0): 7.02s
```

표 1은 보호계전기 정정 표로 보호계전기의 모델, 형식, 정정 범위, 정정치 등을 나타낸 것이며 현장에서 보호계전기 정정 작업을 용이하게 수행할 수 있도록 해준다.

2.2 전력계통의 보호계전기 보호협조 정정

그림 3은 전력계통에서의 보호계전기 보호협조 정정 작업을 수행하기 위해 3기 9모선 계통도를 모델링 한 그림이다.

전력계통에서의 보호계전기의 보호협조 정정 작업은 안정도 판별작업이 수반되어야 한다.

따라서 전력 계통이 안정하게 운전되는 상태는 계통 내의 어느 지점에 있어서도 전압 및 주파수가 안정하게 미리 규정된 허용 범위 내에 유지되고, 각각의 유효전력, 무효전력의 균형이 잡혀 있는 상태를 의미한다.

곧 안정도란 계통에 외란이 발생하여 과도적인 수급 불균형에 대하여 계통이 원래의 정상 운전 상태로 되돌아 갈 수 있는가를 의미하는 것이다.

따라서 안정도의 해석에서는 과도안정도가 가장 중요시 여겨지며 그 계통의 안정도를 판별하기 위해서는 다음과 같은 조건들을 고려하게 된다.

(1) 발전기의 동기 운전의 가부를 논하는 위상각 안정도

(2) 전압 붕괴의 유무를 논하는 전압 안정도

위상각 안정도란 계통에 접속되어있는 발전기가 모두 같은 속도(동기 속도)로 회전하고 있는 상태에서, 외란이 발생하였을 때 일부의 발전기 또는 전 발전기가 동기 운전을 계속하거나 아니면 동기 운전에서 벗어나(탈조를 의미) 병렬 운전을 계속할 수 없게 되는 것을 의미한다.

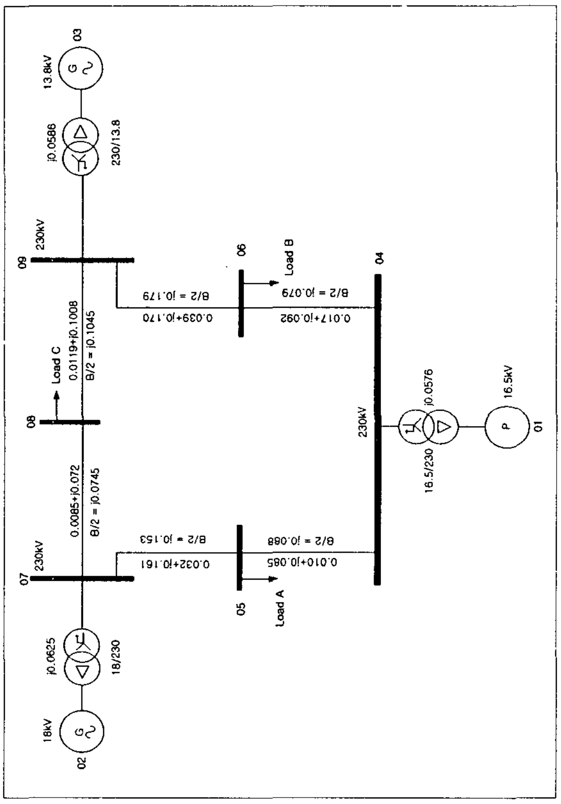

그림 3. 3기 9모선 계통도

따라서, 동기 운전을 유지하기 위해서는 $\frac{dP}{d\delta} > 0$ 이어야 한다. 이 $dP/d\delta$의 값을 그 발전기의 동기화력(Synchronizing Power)이라고 한다.

전압 안정도는 수요가 급격하게 증가하거나 복수의 송·변전 설비의 정지 등으로 계통 내의 무효 전력 손실이 급증하였을 때 이에 대응하는 무효 전력 공급이 뒤따르지 못하고 전압이 계속 저하되어 광범위한 부하의 탈조를 초래하는 것을 의미한다.[7]

따라서 본 연구에서는 시뮬이션을 통한 과도안정도는 발전기 위상각을 이용하여 안정도를 판별하였다.

2.2.1 조류계산(Power Flow Calculation)

본 연구에서는 3기 9모선의 과도안정도(Transient Stability)를 판별하기 이전에 선행되어야 할 조류계산과 고장계산을 먼저 수행하였다.

표 2는 조류계산을 위한 각 Bus, Branch 별 입력데이터 값을 나타낸 것이다.

표 2. (a) 조류계산 Bus Data

#Bus	Label	V Mag (Kv)	V Mag (PU)	P (MW)	Q (MVAR)	Ang (deeg)
01	Swing	16.5	1.04	0.0	0.0	0
02	Generator	18.0	1.00	163	0.0	0
03	Generator	13.8	1.00	85	0.0	0
04	Bus bar	230	1.00	0.0	0.0	0
05	Constent Power load	230	1.00	-125	-50.0	0
06	Constent Power load	230	1.00	-90	-30.0	0
07	Bus bar	230	1.00	0.0	0.0	0
08	Constent Power load	230	1.00	-100	-35.0	0
09	Bus bar	230	1.00	0.0	0.0	0
Total Generating Sources				248.0	0.0	
Total Bus Loads				-315.0	-115.0	

표 2. (b) 조류계산 Branch Data

From	To	R (ohm)	R (PU)	X (ohms	X (PU)	B/2 (Mhos)	B/2 (PU)
04	05	5.2900	0.0100	44.9650	0.0850	0.00016	0.0880
04	06	16.928	0.0170	85.1690	0.0920	0.00014	0.0790
05	07	8.9930	0.0320	48.6680	0.1610	0.00028	0.1530
06	09	20.631	0.0390	89.9300	0.1700	0.00033	0.1790
07	08	4.4965	0.0085	38.0880	0.0720	0.00014	0.0745
08	09	6.2951	0.0119	53.3232	0.1008	0.00019	0.1045

조류계산의 결과는 그림 4에 요약하여 나타내었다.

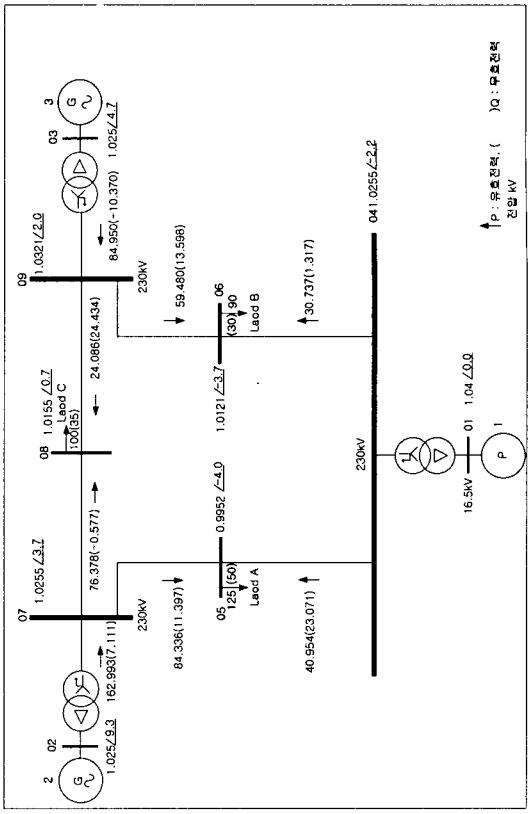

그림 4. 3기 9모선 계통도의 조류계산 값

2.2.2 고장계산

고장계산은 단락 및 각종 지락 사고 시 계통내 각 지점의 고장 전류를 분석하여 전기기기의 단락용량을 결정하여 보호계전기의 정정치를 설정할 목적으로 시행한다. 일반적으로 어떤 지점에서 극단적으로 전원이 집중되는 경우를 제외하고는 지락전류보다 3상 단락전류가 더 큰 것이 보통이기 때문에 대부분의 고장계산은 이 3상 단락 고장만을 대상으로 하고 있다. 수식 (1)은 3상 단락전류 고장계산식을 의미하며, 수식 (2)는 3상 단락용량을 구하는 계산식을 다음과 같이 나타내었다.[7]

$$I_s = \frac{E}{Z[\Omega]} = \frac{E}{\frac{\%Z \times E}{100 \times I_n}} = \frac{100}{\%Z} \times I_n [A] \qquad (1)$$

$$P_S = \frac{100}{\%Z} \times \sqrt{3} V I_n = \frac{100}{\%Z} \times P_n [kVA] \qquad (2)$$

여기서,

V : 단락점의 선간 전압[kV] $(= \sqrt{3}E)$

Z : 단락 지점에서 전원측을 본 계통 임피던스$[\Omega]$

I_n : 정격 전류

본 논문에서는 EDSA Program의 Short Circuit 시뮬레이터를 이용한 시뮬레이션 결과 값으로 고장 계산

결과 값은 표 3과 같다.

표 3. 고장계산 결과 값(a)

BUS	Pre-Flt	1/2 Cycle			1 Cycle		
	kV	X/R	Isym	Iasym	X/R	Isym	Iasym
01	16.5	5.099	364128	458177	5.09	364128	393883
02	18.0	31.43	83361	135384	31.4	83361	127542
03	13.8	25.98	79416	127322	25.9	79416	118672
04	230	17.68	5054	7832	17.6	5054	7116
05	230	9.66	2730	3902	9.66	2730	3392
06	230	7.294	2579	3504	7.29	2579	3005
07	230	19.92	3941	6181	19.9	3941	5663
08	230	13.01	2855	4267	13.0	2855	3789
09	230	16.11	3601	5525	16.1	3601	4985

표 3. 고장계산 결과 값(b)

BUS	3 Cycle			5 Cycle		
	X/R	Isym	Iasym	X/R	Isym	Iasym
01	5.099	364128	364352	5.099	364128	364130
02	31.43	83361	105534	31.43	83361	93977
03	25.98	79416	96241	25.98	79416	86198
04	17.68	5054	5621	17.68	5054	5196
05	9.66	2730	2784	9.66	2730	2734
06	7.294	2579	2594	7.294	2579	2580
07	19.92	3941	4496	19.92	3941	4106
08	13.01	2855	3008	13.01	2855	2877
09	16.11	3601	3932	16.11	3601	3673
BUS	8 Cycle			Steady - State		
	X/R	Isym	Iasym	Isym	Iasym	
01	5.098	363098	363098	356439	356439	
02	28.36	55422	58929	18306	18306	
03	22.59	54998	56320	21660	21660	
04	19.21	4933	4960	4254	4254	
05	10.17	2633	2633	2122	2122	
06	7.601	2481	2481	2011	2011	
07	17.87	3344	3361	1674	1674	
08	12.93	2553	2554	1497	1497	
09	14.30	3011	3015	1564	1564	

고장계산은 0.5사이클, 1사이클, 3사이클, 5사이클, 8사이클, 정상상태 등으로 나누어 시뮬레이션 하였으며 X/R(회로정수), Isym(대칭전류), Iasym(비대칭전류)를 의미한다.

2.2.3 보호정정을 위한 과도안정도 해석

과도안정도는 부하가 급격하게 변동하거나 제동 시에 사고가 일어났을 때 과도적인 안정상태에서 전력-상차각 특성을 논하는 것이다.

과도 안정도에서 계통이 안정한가 불안전한가의 판별은 보통 외란 발생 후 수초 이내에 결정된다.

이것은 실제의 기기에서 제 1차의 동요가 안정될 때까지의 주기가 대체로 1~2초 정도로 되어있기 때문이다.

본 연구에서는 과도 안정도 해석을 위해 모선의 지락사고에 대한 과전류계전기의 동작으로 차단기가 동작하여 선로가 개방되는 경우를 모의하였다. 7번 버스에 3상 지락사고를 발생시켰으며 사고는 0초에 발생하며 사고지속시간은 0.1333(8cycle)초이며 차단기의 동작시간은 0.1(6cycle)에 동작하도록 시뮬레이션 하였다.

표 4는 과도안정도 판별을 위한 발전기의 세부 입력데이터 값이다.

표 4. 발전기 세부 입력데이터

Generator	1	2	3
Rated MVA	247.5	192.0	128.0
KV	16.5	18.0	13.8
Type	hydro	steam	steam
Xd	0.995	1.651	1.573
Xq	0.568	1.590	1.520
X'd	0.195	0.232	0.299
X'q	0.568	0.368	0.976
X''d	0.155	0.171	0.216
X''q	0.143	0.171	0.216

Xd : Direct-axis synchronous reactance(직축동기리액턴스)

X'd : Direct-axis transient reactance(직축과도리액턴스)

X''d : Direct-axis subtransient reatance(직축초기과도리액턴스)

Xq : Quadrature-axis synchronous reactance(횡축동기리액턴스)

X'q : Quadranture-axis transient reactance(횡축과도리액턴스)

X''q : Quadranture-axis subtransient reactance(횡축초기과도리액턴스)

그림 5, 그림 6, 그림 7은 3기 9모선 계통에 2번 버스와 7번 버스사이에 과전류계전기(OCR)를 적용하여 1/2사이클에서 동작하도록 세팅하여 시뮬레이션하여 나타낸 그림이다.

02번 발전기

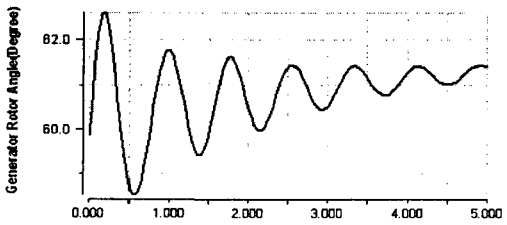

그림 5. 02 Generator Rotor Angle(Degree)

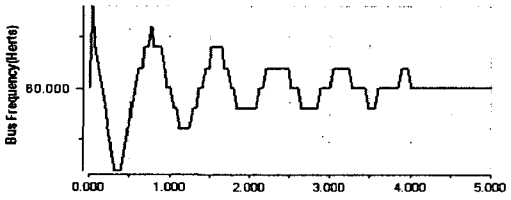

그림 6. 02 Generator Frequency(Hz)

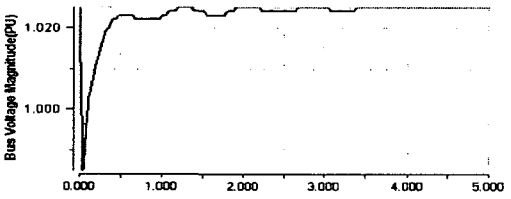

그림 7. 02 Generator Voltage Magnitude(Pu)

03 발전기

그림 8, 그림 9, 그림 10은 과전류계전기 적용 후의 03번 발전기의 상차각, 주파수, 전압의 크기를 시뮬레이션 하여 나타낸 그림이다.

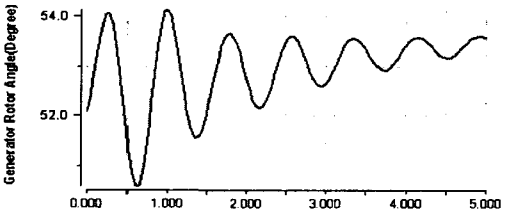

그림 8. 03 Generator Rotor Angle(Degree)

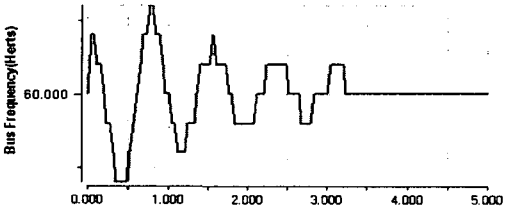

그림 9. 03 Generator Frequency(Hz)

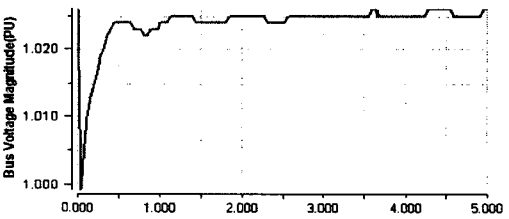

그림 10. 03 Generator Voltage Magnitude(Pu)

다음의 그림 11, 그림 12는 계통의 사고 후에 과전류계전기를 1/2사이클에서 동작 하도록 하여 시뮬레이션 하였을 때의 유효전력, 무효전력, 전류 등을 한 그래프로 나타낸 것이다.

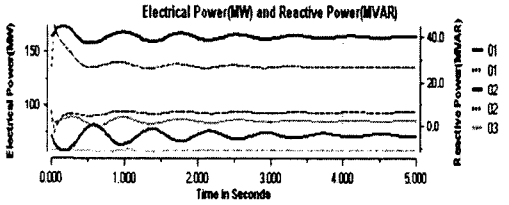

그림 11. Electrical Power(MW) and Reactive Power(MVAR)

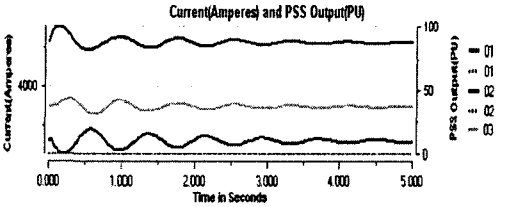

그림 12. Current(Ampreres) and PSS output(PU)

그림 13, 그림 14, 그림 15는 동일한 조건하에 8사이클에서 동작하도록 시뮬레이션하여 나타낸 02발전기의 상차각, 주파수, 전압의 크기를 나타낸 그림이다.

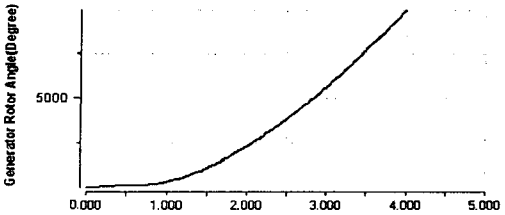

그림 13. 02 Generator Rotor Angle(Degree)

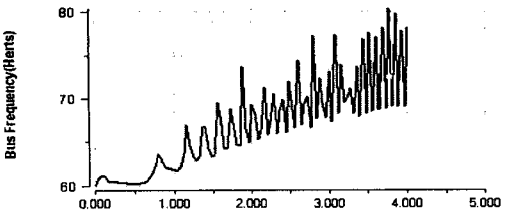

그림 14. 02 Generator Frequency(Hz)

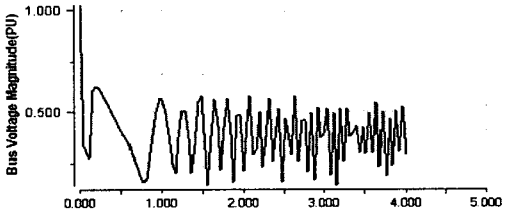

그림 15. 02 Generator Voltage Magnitude(Pu)

03 발전기

그림 16, 그림 17, 그림 18은 과전류계전기 적용 후의 03번 발전기의 상차각, 주파수, 전압의 크기를 시뮬레이션하여 나타낸 그림이다.

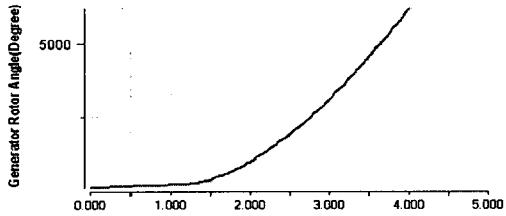

그림 16. 03 Generator Rotor Angle(Degree)

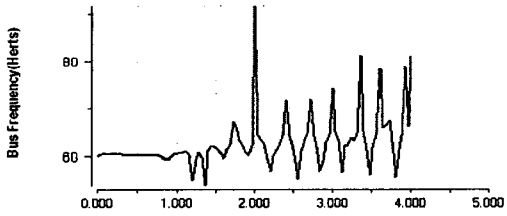

그림 17. 03 Generator Frequency(Hz)

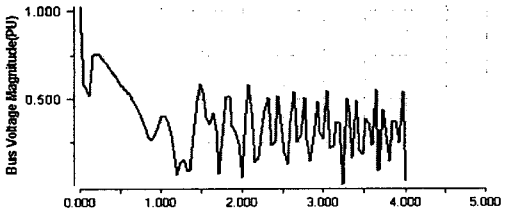

그림 18. 03 Generator Voltage Magnitude(Pu)

본 연구에서는 3기 9모선의 과도안정도를 판별하기 이전에 조류계산을 수행하였고 고장계산을 수행하여 사고 시 각 버스에 흐르는 사고 전류의 크기를 확인할 수 있다.

본 지면상 다 나타내지는 못 했지만 동일한 조건하에 과전류계전기를 계통에 적용하여 과전류계전기가 0.5사이클, 1사이클, 3사이클, 5사이클에서 동작하게 하므로 사고 시 발생하는 과전류를 과전류계전기가 감지하여 동작하게 하므로 빠른 시간 안에 계통이 불안정한 상태를 지나 안정한 상태로 회복되는 것을 본 연구를 통해 확인할 수 있다.

하지만 과전류 계전기의 정정시간을 8사이클에 동작하게 하면 계통이 완전히 붕괴되는 것을 02번 발전기와 03번 발전기의 상차각, 주파수, 전압의 크기 등을 비교한 시뮬레이션 그림을 통하여 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 EDSA Program의 Potective Device Coordination을 통하여 TC곡선 등을 작성하므로써 보호계전기의 보호정정을 수행하고 누구나 시각적으로 쉽게 이해할 수 있도록 제시하였다.

또한 계통의 불안정은 계통의 구성이나 운전조건에 따라 여러 가지 형태로 나타나지만 본 논문에서는 실제 계통에 보호계전기를 적용하므로서 사고 전·후의 계통의 상태를 통하여 과전류계전기가 고장 발생시 정상적으로 동작하여 계통의 신속한 안정화를 가져오는 것을 입증하였다.

또한 본 논문에서는 EDSA Program의 모듈을 통하여 조류계산 및 고장계산을 수행하였으며 보호계전기에 적절한 보호정정이 이루어져야 만이 보호계전기에 올바른 책무가 이루어져 사고로부터 계통을 분리하여 사고가 확대되어지는 것을 미연에 방지하고 계통이 신속하게 안정화된다는 것을 확인할 수 있었다.

그리고 보호계전기의 효과적인 보호가 이루어지는가의 유무를 엔지니어가 쉽게 볼 수 있도록 그래픽 화면상에 보여줌으로써 보호계전기의 정정 값을 검증할 수

있도록 하였다.

실제 많은 제약 때문에 정상 시에서는 각 계전기의 정확한 정정 치와 올바른 동작여부를 판단하기 위한 직접적인 테스트는 운영의 여건상 거의 불가능했지만 앞으로는 이러한 프로그램의 시뮬레이션을 통하여 계통에서의 일어날 수 있는 사고 등을 미연에 방지하여 고장사고나 전동기의 사고를 줄이며, 설비의 수명연장 및 공정의 안정화를 기할 수 있으리라 생각된다.[3][4][6]

참 고 문 헌

[1] Mike Foley, Anjan Bose, William Mitchell, Antony Faustini, "An Object Based Graphical User Interface for Power System", IEEE Transaction on Power System, Vol. 8, No. 1. February 1993

[2] H.Yousef, M.A.Simaan "Model reference adaptive control for large scale systems with application to power systems"

[3] Anderson, "Power System Protection"

[4] 이승재, 이종민 "송전계통 보호계전기 그래픽 동작 시뮬레이터

[5] 민병운외 3인 "객체지향 송전계통보호계전기 동작 시뮬레이터", 대한전기학회 하계 학술대회, 1988.

[6] 기다리,"보호계전기 시스템의 실무활용기술"

[7] 송길병, "신편전력계통공학"

[8] EDSA Menual Ver. 2.95