

소형 열병합 발전소의 계통연계시 방향성 과전류 및 지락과전류 계전기의 적용 검증 연구

論 文
57-6-6

A Study of Verification on Application of Directional OCR and OCGR for Power System with Small Scale Cogeneration

李 羲 泰* · 趙 萬 英** · 金 載 哲†
(Hee-Tae Lee · Man-Young Cho · Jae-Chul Kim)

Abstract - When small cogenerators are operated in connected with power system, there are many positive aspects such as the reduction of power plant construction, making a improvement of power security etc. At the same time, there are some negative effects or difficulties such as we should make sure of protective coordination, especially, Actually these are not fault, but it is likely to consider the current as the fault. This is one of major causes of malfunctions for protective relays in power distribution system which is including interconnection point. Thus, in this paper, We showed that the directional protection is necessary to the dispersed generation system which is including connection point. We also executed contingency analysis to find out the magnitude of fault current and direction which are classified by fault points, length of line and kinds of faults using ETAP power system analysis program.

Key Words : Dispersed Generation, Cogeneration, Directional Protective Relay, Malfunction, ETAP

1. 서 론

현재 교토의정서를 비롯한 환경적인 문제에 대한 많은 관심이 높아지고 있으며, 발전소 건설의 문제뿐만 아니라 에너지원의 다양화 및 절약 측면에서 분산전원이 전력계통에 접속 운용될 경우 긍정적인 측면이 대두되고 있다[1].

이러한 분산전원은 전력산업의 중요한 대체 에너지원으로 국내 총 발전전력의 약 5% 이상을 담당하게 될 것이며 보급 활성화를 위한 노력이 활발히 진행되고 있다[2-4].

하지만 고조파 발생, 전압변동, 대전력 계통과의 보호협조 문제가 있고, 특히 1선 지락 또는 3상 단락과 같은 계통사고 시 보호계전기가 오동작하여 수용가 전체가 정전되어 불편을 초래하는 경우가 있다[5-7].

시간이 지남에 따라 배전계통의 재구성과 점진적으로 늘어나는 분산형 전원의 보급으로 기존에 발생하지 않았던 보호계전기의 오동작등이 근래에 문제가 되고 있다.

특히 배전계통에 소형 열병합 발전과 같은 분산전원이 연계될 경우 양방향 전원으로 인해 고장전류가 증가될 뿐만 아니라 문제 발생 시 분산전원 자체와 인근선로의 타 수용가에 큰 영향을 미칠 수 있다.

국내 전력회사의 분산형 전원 배전계통 연계기준에 의하면 설비의 단락 및 지락고장 보호를 위하여 단락 및 지락과

전류계전기를 설치하게 되어 있지만 해당 계전기의 보호협조가 안될 경우는 방향성 단락 및 지락계전기 등을 설치하게 되어있다[3].

그러나 인근 선로의 수변전 설비의 고장은 다양하기 때문에 보호기기의 선정 시 배전계통의 구성에 따른 고장전류의 크기를 해석해야 할 뿐만 아니라 양방향 전원의 사용으로 인해 그 방향도 중요한 변수가 된다.

본 논문에서는 소형 열병합 발전을 운용하는 수용가의 배전계통 연계지점의 보호계전기가 타수용가 선로 또는 타수용가의 수변전 설비에서 1선 지락 및 3상 단락 사고발생 시 오동작을 방지하기 위한 방법으로 소형 열병합을 운용하는 수용가에 방향성 보호계전기의 적용을 전력계통 고장해석 프로그램인 ETAP(Electrical Transient Analysis Program)를 이용하여 시뮬레이션 하였다.

2. 고장전류의 크기 및 방향

2.1 1선지락사고

그림 1은 시뮬레이션을 위한 분산형 전원 계통의 구성도이다. 분산형 전원의 연계는 중성점 접지된 승압용 변압기를 통해 이루어진다.

1선 지락 사고시 승압용 변압기의 1차측 중성점을 통해 고장전류가 계통 연계점인 A지점을 통과하게 된다. 따라서 다양한 사고 위치에 따라 고장전류의 크기 및 방향이 달라진다. 일반적으로 a상에 1선 지락사고 발생시 사고전류는 식(1)과 같이 표현된다[9-10].

* 正 會 員 : 崇實大 工大 電氣工學部 博士修了
** 正 會 員 : 조엔지니어링 代表理事
† 교신저자, 正會員 : 崇實大 工大 電氣工學部 教授 · 工博
E-mail : jckim@ssu.ac.kr
接受日字 : 2007年 12月 6日
最終完了 : 2008年 5月 21日

$$I_a = I_0 + I_1 + I_2 = \frac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} = \frac{3 \times 100 I_n}{\%Z_0 + \%Z_1 + \%Z_2} \quad (1)$$

여기서 $\%Z_0$: 영상 임피던스(%), $\%Z_1$: 정상 임피던스(%), $\%Z_2$: 역상 임피던스(%), E_a : a상 전압, I_n : 정격전류를 나타낸다.

그림 1에서 [a]는 소형 열병합 발전을 운영하는 수용가 측을 나타내고, [b]는 분산전원이 없는 일반적인 수용가로 본 논문에서는 타수용가의 용어로 정의하였다.

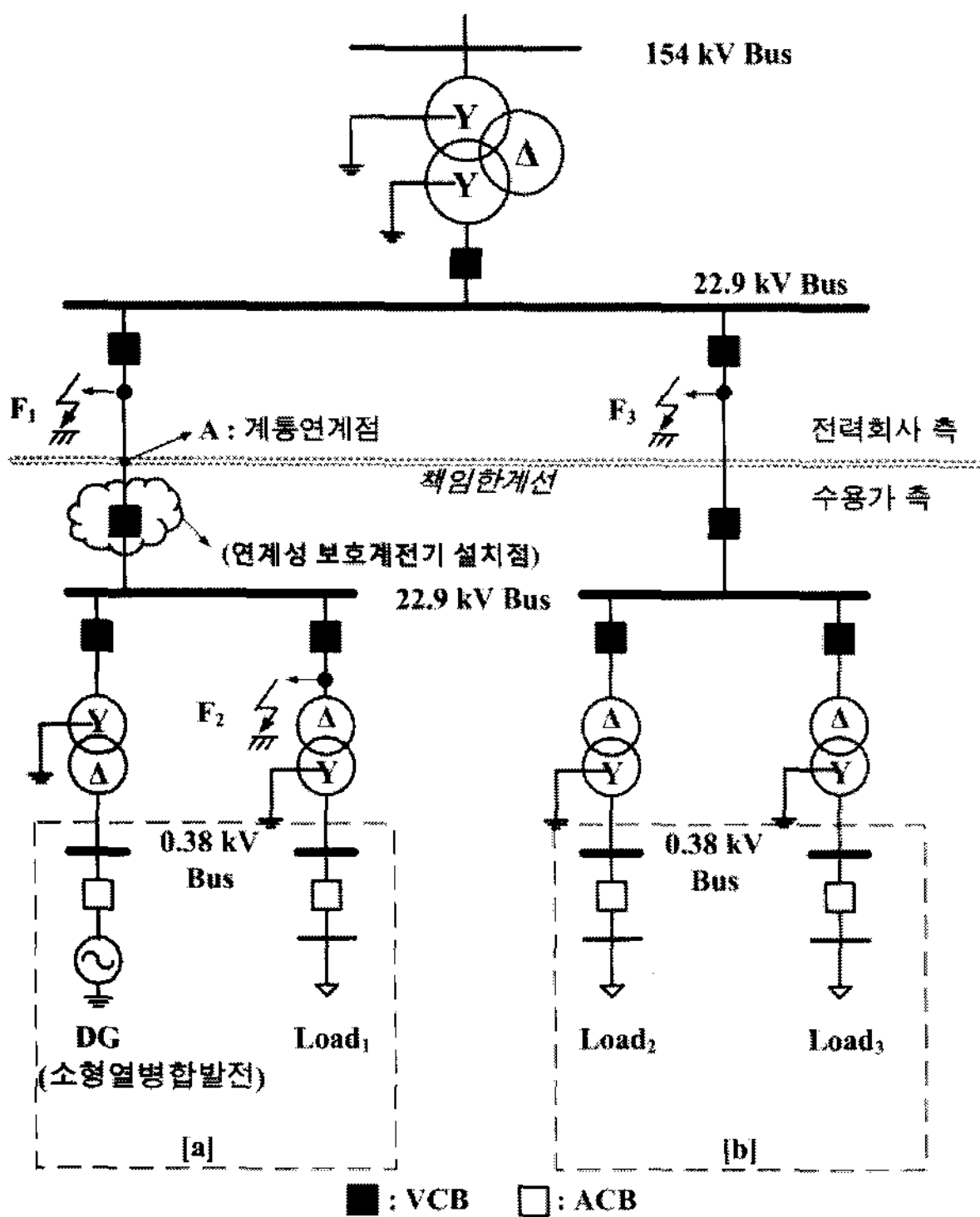


그림 1 시뮬레이션을 위한 수용가의 모의 계통도
Fig. 1 Sample network of customer for simulation

모의계통에서 F_1, F_2, F_3 의 위치에서 사고를 모의하였으며 각각의 경우 분산형 전원 수용가의 계통 연계 위치인 A 점을 통과하는 고장전류의 크기와 방향을 판별하였다. 특히 F_3 점의 사고는 타수용가의 계통의 형태가 다양하기 때문에 다양한 선로의 길이뿐만 아니라 지중선로와 가공선로로 구분하여 모의 하였다.

그림 2는 그림 1의 모의 계통도에 대해 고장전류 계산을 위해 ETAP을 이용한 모델링을 한 예이다.

그림 2에 사용된 시뮬레이션 변수중 선로에 대한 입력 임피던스는 표 1과 같은 임피던스(%)와 길이를 사용하였다.

여기서 선로 6의 경우 기준은 1km 기준일 경우에 입력값을 나타내며, F_3 의 상정사고 모의 지점은 시뮬레이션을 통해 선종 및 길이별로 다양하게 검토하였다.

그리고 표 2는 전력회사측 모선 및 부하와 소형 열병합 발전기의 데이터를 나타낸다.

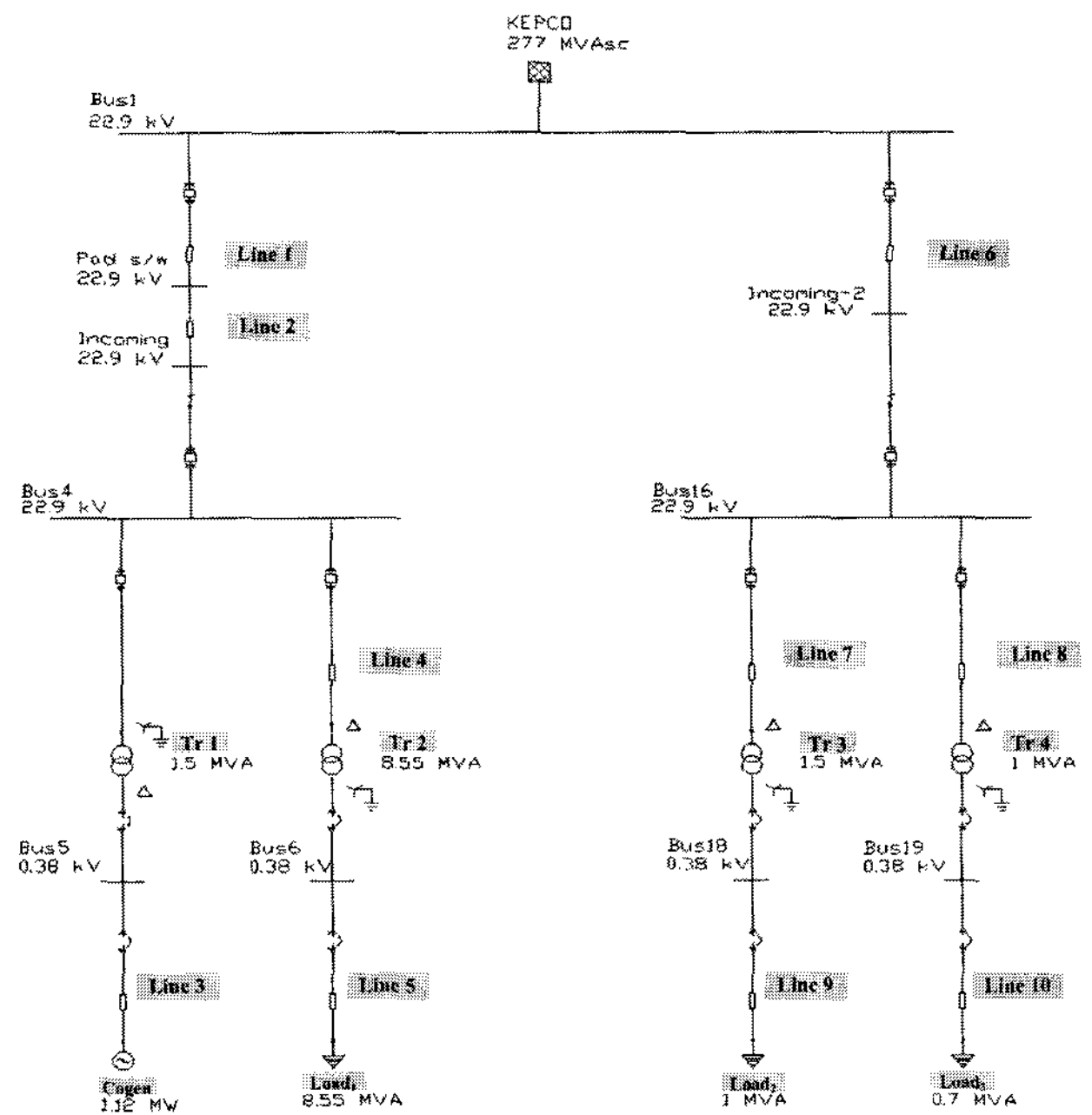


그림 2 그림 1의 고장전류 계산을 위한 ETAP 모델링
Fig. 2 ETAP modeling for fault current calculation in figure 1

표 1 모의계통도에 대한 선로의 입력 데이터(100MVA 기준)

Table 1 Input data of lines for sample network(100MVA Base)

	선종	Z0(%)	Z1(%)	길이(m)
	전력회사측 모선	0+j49.7	0.1+j36.1	
Line 1	CN/CV 325mm ² 1C×3	3.1+j1.1	1.0+j1.7	700
Line 2	CN/CV 100mm ² 1C×3	2.8+j0.8	0.9+j0.6	200
Line 3	FCV 240mm ² 1C×6	68.4+j69.5	34.2+j34.8	10
Line 4	CN/CV 100mm ² 1C×3	0.5+j0.1	0.2+j0.1	35
Line 5	FCV 240mm ² 3C×2조	549.4+j617.8	342.1+j243.2	100
Line 6	CN/CV 325mm ² 1C×3	4.5+j1.6	1.4+j2.4	1000
	ACSR/AW 240mm ² 1C×3	6.5+j16.6	2.6+j7.1	
Line 7	CN/CV 60mm ² 1C×3	0.5+j0.1	0.2+j0.1	25
Line 8	CN/CV 60mm ² 1C×3	0.6+j0.2	0.2+j0.1	30
Line 9	FCV 240mm ² 3C×2조	824.2+j926.7	513.2+j364.9	150
Line 10	FCV 185mm ² 3C×2조	2130.6+j1877.8	1340.0+j739.3	300

표 2 모의 계통도에 대한 변압기, 부하 및 열병합발전기의 입력 데이터

Table 2 Input data of transformers, loads and cogenerator for sample network

변압기	154kV/22.9kV	60MVA	
	22.9kV/0.38kV	[a] 지역	Tr ₁ (Y-Δ):1.5MVA Z(%):6.25
		[b] 지역	Tr ₂ (Δ-Y):8.55MVA Z(%):9
	22.9kV/0.38kV	[a] 지역	Tr ₃ (Δ-Y):1.5MVA Z(%):6.25
[b] 지역		Tr ₄ (Δ-Y):1.0MVA Z(%):5	
부하용량	[a] 지역	Load ₁	8.55MVA
	[b] 지역	Load ₂	1.0MVA
		Load ₃	0.7MVA
소형 열병합 발전기 (가스 터빈 동기 발전기)	정격용량 / 정격전압	1.12MW / 0.38kV	
	X_d''	13.5%	1,400KVA Base
	X_d'	24.6%	
	X_d	300.0%	
	X_2	15.2%	
	X_0	3.2%	

ETAP을 통한 시뮬레이션 결과 소형 열병합 발전을 운용하는 수용가 측 수전설비의 F₁점과 F₂점의 1선 지락사고시 계통 연계점을 통과하는 고장전류의 크기와 방향을 표 3에 나타내었다. 단 각 지역의 변압기 용량은 해당 선로의 총 용량을 의미한다.

소형 열병합 발전을 운용하는 수용가의 전력회사측 선로의 사고인 F₁점의 사고 발생 시 총 고장전류는 6,253A이지만, 계통 연계점을 통과하는 지락사고 전류는 693A로 분석되었다.

분산전원을 운용하는 수용가측인 F₂점의 수변전설비 사고 시 총 고장전류는 6,241A이며 수용가 측에서 기여하는 전류는 691A이지만 이 분산전원의 전류는 분산전원의 계통 연계 지점인 A점을 통과하지 않았다. 즉 F₂점의 사고 시 소형 열병합 전원 계통 연계점을 통과하는 전류는 수용가 측 방향이며 크기는 5,550A 이다.

표 3 F₁ 및 F₂점의 1선지락사고 시 고장전류 크기 및 방향

Table 3 Fault current magnitude and direction for line to ground fault of F₁ and F₂ point

사고 지점	고장전류 크기 [A]			A점 통과 고장전류	A점 통과 고장전류 방향
	전력회사측	수용가측	계		
F ₁	5,560	693	6,253	693 [A]	전력회사측
F ₂	5,550	691	6,241	5,550 [A]	수용가측

타수용가 선로인 F₃점 1선지락사고를 지중선로(22.9kV CN/CV-W 325mm²)와 가공선로(ACSR/AW 240mm²)를 다양한 길이로 적용 시 계통 연계점을 통과하는 지락사고 전류의 방향은 모두 전력회사측으로 분석되었으며 고장전류의 선종 및 선로의 길이별 크기는 표 4에 나타내었다.

표 4 F₃ 점의 1선지락사고 시 고장전류 크기

Table 4 Fault current magnitude for line to ground fault of F₃ point

선종 및 길이[km]		고장전류 크기[A]			A점 통과 고장전류 [A]
		수용가측	전력회사측	계	
지중선	1	660	5,570	6,230	660
	3	591	4,980	5,571	591
	5	531	4,470	5,001	531
	10	416	3,510	3,926	416
	15	338	2,850	3,188	338
가공선로	1	549	4,630	5,179	549
	3	381	3,210	3,591	381
	5	291	2,460	2,751	291
	10	183	1,540	1,723	183
	15	133	1,120	1,253	133
	35	64	536	600	64

2.2 3상단락사고

3상단락 고장은 평형고장이기 때문에 대칭분 중에서 정상분만으로 계산하고 일반적으로 식 (2)와 같이 3상 단락 전류 I_a, I_b, I_c를 계산할 수 있다[9-10].

$$I_a = \frac{100 \times I_n}{\%Z}, \quad I_b = \frac{100 \times I_n \times a^2}{\%Z}, \quad I_c = \frac{100 \times I_n \times a}{\%Z} \quad (2)$$

여기서 %Z는 정상분 %임피던스이며, I_n는 정격전류를 나타낸다.

1선지락사고와 같은 방법으로 그림 1의 모의 계통도와 ETAP 프로그램을 통해 각 지점별 사고해석의 결과는 표 5와 6에 나타내었다. 단 F₃점의 선로의 길이는 1, 3, 5, 10, 15km만 고려하였고, 1선지락사고와 마찬가지로 고장전류의 방향은 모두 전력회사측으로 분석되었다.

표 5 F₁ 및 F₂점의 3상단락사고 시 고장전류 크기 및 방향

Table 5 Fault current magnitude and direction for 3-phase short circuit fault of F₁ and F₂ point

사고 지점	고장전류 크기 [A]			A점 통과 고장전류	A점 통과 고장전류 방향
	전력회사측	수용가측	계		
F ₁	6,570	178	6,748	178	전력회사측
F ₂	6,560	177	6,737	6,560	수용가측

표 6 F₃점의 3상단락사고 시 고장전류 크기

Table 6 Fault current magnitude for 3-phase short circuit fault of F₃ point

선종 및 길이[km]	고장전류 크기[A]			A점 통과 고장전류 [A]	
	수용가측	전력회사측	계		
지중선	1	166	6,540	6,706	166
	3	147	5,780	5,927	147
	5	131	5,160	5,291	131
	10	103	4,050	4,153	103
	15	84	3,320	3,404	84
가공선로	1	147	5,800	5,947	147
	3	109	4,310	4,419	109
	5	87	3,420	3,507	87
	10	57	2,250	2,307	57
	15	42	1,670	1,712	42

3. 모의 사고지점별 계통 연계점의 보호계전기 동작 분석

3.1 계통 연계점 보호계전기 모델링

그림 3은 보호계전기의 정정값과 고장전류의 방향을 비교하여 보호 계전기의 정동작 및 오동작 여부를 판별하기 위한 계통연계 지점의 보호계전 시스템의 구성을 나타낸다.

그림에서 방향성 지락, 과전류계전기(67, 67N)는 분산형 전원이 있는 수용가 측 수전설비에 사고발생 시 전력회사측에서 유입되는 고장전력을 차단하기 위한 계전기로 수용가 수전용 VCB를 중심으로 VCB 1차측의 수용가 사고를 보호하기 위해 설치된다.

그리고 VCB 2차측에는 전력회사측 선로사고 발생 시 분산형전원 수용가 측에서 전력회사측으로 유출되는 고장전력을 차단하기 위한 방향성 무효역전력계전기(32Q)와 분산형전원에서 생산된 발전전력을 전력회사 계통과 연계시 역송되지 않도록 방향성 유효역전력계전기(32P)가 설치되어 있다.

이외에 기타 사고로부터 보호하기 위해 저전압계전기(27), 과전압계전기(59), 주파수계전기(81)가 설치된다.

분산전원 중에서 소형열병합 발전기(380V, 1.12MW) 1SET가 전력을 생산하여 승압용 변압기(3Φ 0.38kV/22.9kV, 1.5MVA)을 통해 전력회사와 계통 연계하여 8.55MVA 수용가부하에 전력을 공급하는 시스템으로 모델링 하였다.

그리고 계통연계 지점 보호계전기중 과전류 및 지락과전류계전기의 정정값을 국내전력회사의 전력계통 보호 기준에 의해 계산 하였다[3,11,12].

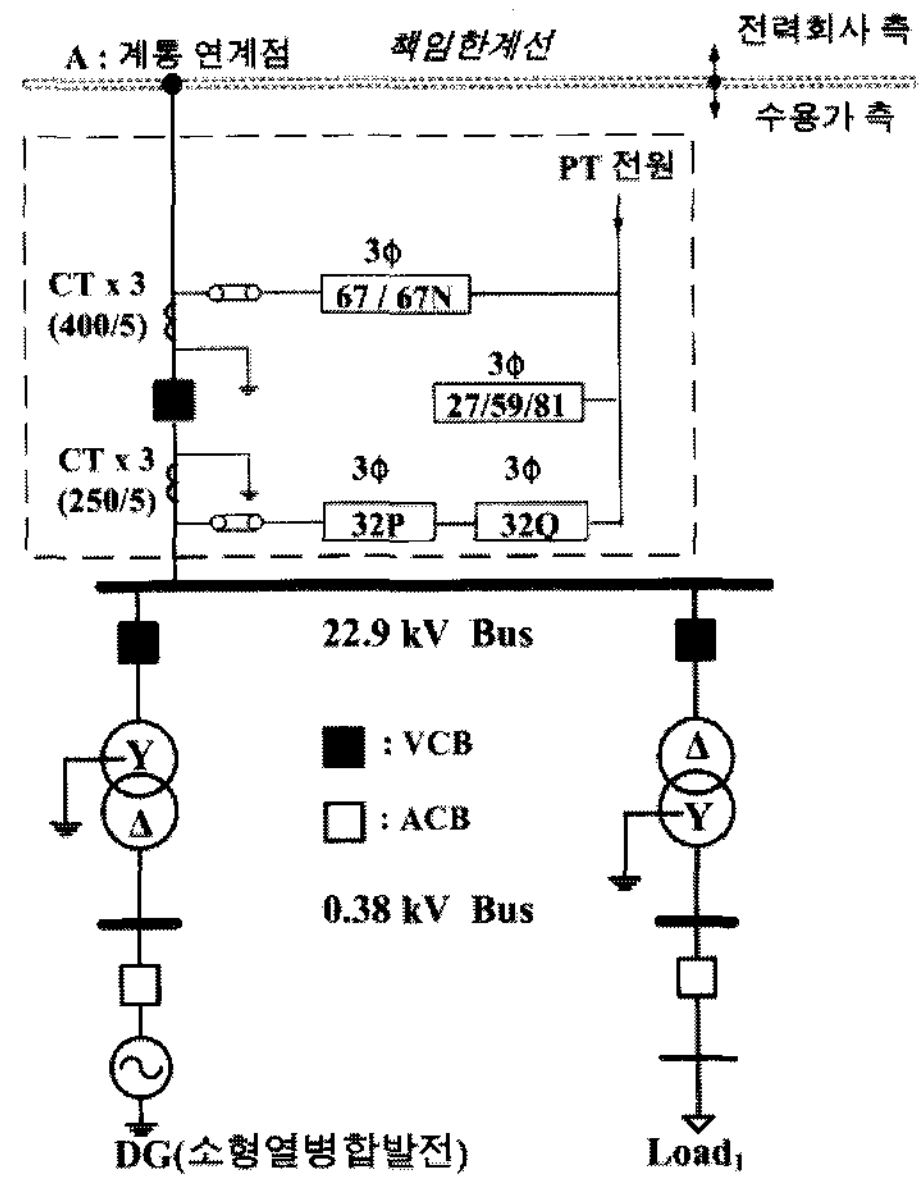


그림 3 소형 열병합 전원의 계통연계 보호계전 시스템

Fig. 3 Protective relay system interconnected with power system of small scale cogeneration power

3.2 방향성 과전류 계전기 및 방향성 지락 과전류 계전기의 정정값

3.2.1 방향성 과전류 계전기의 정정값

방향성 과전류 계전기의 정정값 계산을 위해 CT비는 400:5로 가정하였고, 부하용량은 8.55MVA이므로 부하정격 전류 I_n 는 다음 식(3)과 같이 계산된다.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos\Phi} = \frac{8,550 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 22,900} = 215.56A \quad (3)$$

그리고 한시 TAP 값은 정격전류의 130%에서 정정하는 것으로 하여 식 (4)를 이용하였으며 그 값은 3.5A와 같다.

$$\text{한시 TAP값} = I_n \times 1.3 \times \frac{1}{CT_{ratio}} \quad (4)$$

순시 TAP값은 가장 큰 변압기의 용량의 돌입전류와 가장 큰 변압기 용량을 제외한 나머지 용량의 정격전류의 합으로 정정하였다.

그림 3에서 Load₁ 수용가의 전체 변압기 용량 8.55MVA 중 가장 큰 변압기용량이 1.75MVA로 모의하였다.

순시 TAP값을 계산하기 위해서는 가장 큰 변압기의 돌입전류와 이 변압기를 제외한 나머지 변압기의 정격전류의 합으로 정정된다. 돌입전류는 가장 큰 변압기용량의 정격전류에 8배로 계산되며, 이 전류와 이외의 변압기 정격전류의 합은 식 (5)와 같다.

$$Tr_a + Tr_b = 8 \times \frac{1,750 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 22,900} + \frac{(8,550 - 1,750) \times 10^3}{\sqrt{3} \times 22,900} = 524.41A \quad (5)$$

여기서 I_{r_a} 는 변압기의 돌입전류를 나타내며, I_{r_b} 는 이의 변압기 용량의 정격전류를 의미한다.

Load₁의 1.75MVA 변압기의 2차측 3상단락전류는 ETAP의 결과 39,060A로 분석되었다. 따라서 1차측 22.9kV로 환산하면 647.16A이고 한국전력공사의 보호계전기 조정지침에 의해 1.5배 값인 970.74A 이상으로 조정해야 한다[12].

또한 F_2 점 3상단락사고에 의한 전류값(6,730A)의 1/1.5의 값보다 작게 정정해야 된다. 그래서 사례연구에서는 1,600A로 정정하였다. 또한 순시 TAP값에 CT비를 적용하여 20A로 정정하고 레버는 전, 후위 보호협조 시간을 고려하여 0.5sec로 하였다.

그림 4는 방향성 과전류 계전기의 시간-전류곡선을 나타낸다.

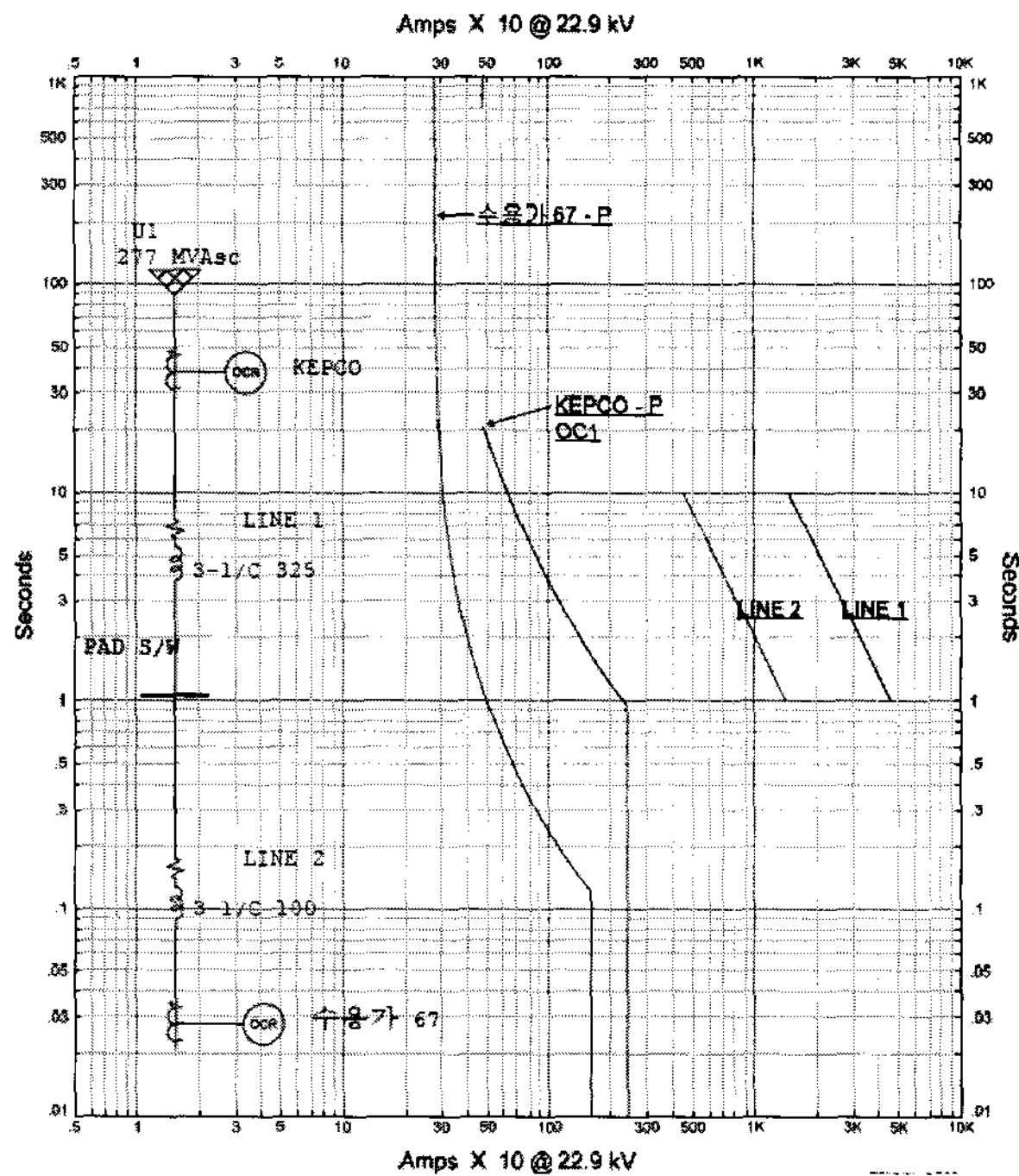


그림 4 방향성 과전류 계전기의 시간-전류 곡선
Fig. 4 Time-current curve of directional overcurrent relay

3.2.1 방향성 지락 과전류 계전기의 정정값

방향성 지락 과전류 계전기의 정정값 계산을 위한 부하의 정격전류는 식 (3)과 같고 한시 Tap 값은 정격전류의 30%에서 정정하므로 식 (6)을 이용하고 그 결과 0.8A의 정정값을 얻는다.

$$\text{한시 TAP값} = I_n \times 0.3 \times \frac{1}{CT_{ratio}} \quad (6)$$

순시 TAP값은 정격전류의 3배 이상에서 정정하게 되어 있으므로 646.68A의 값으로 정정하였다.

그리고 F_2 점 1선지락사고에 의한 전류값(6,240A)의 1/1.5의 값보다 작게 정정함으로 사례연구에서는 순시 Tap값을 800A로 정하고 CT비를 적용하여 10A로 정정하였다.

레버는 수전보호구간 최대 1선지락 전류에서 0.2sec 이하에서 정정하여야 하나 전, 후위 보호협조 시간을 고려하여 그림 5와 같이 정정하였다.

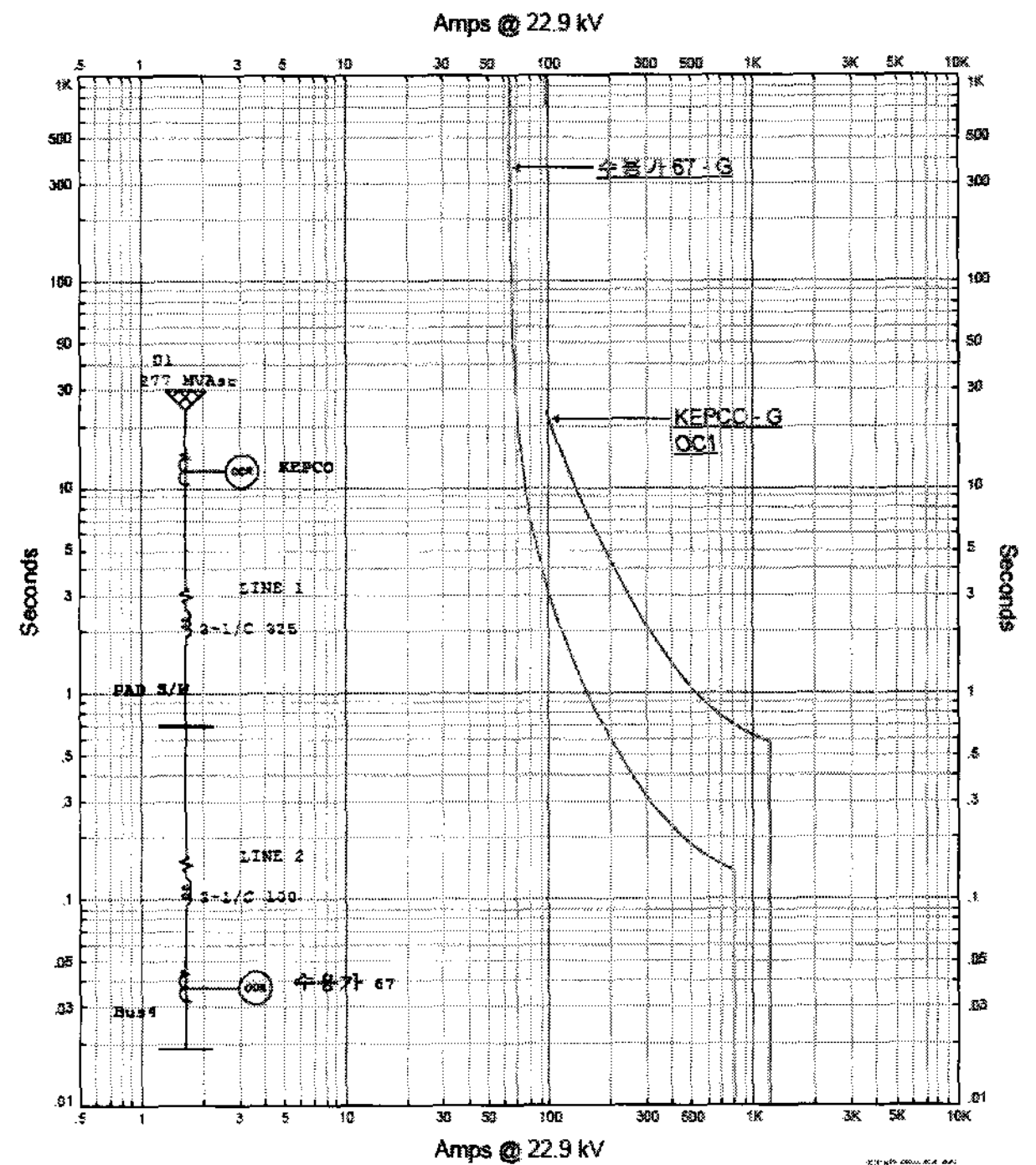


그림 5 방향성 지락과전류 계전기의 시간-전류 곡선
Fig. 5 Time-current curve of directional overcurrent ground relay

3.3 계통 연계점 보호계전기의 동작

F_1 과 F_2 점의 1선지락 및 3상 단락사고시 계통 연계점 통과 전류와 방향을 계전기 정정값과 비교해 계전기 동작 여부를 표 7에 나타내었다.

1선지락 사고의 경우 계전기의 한시 TAP값이 0.8A(CT비=400:5)이므로 64A이며, 3상 단락 사고의 경우 한시 TAP값이 3.5A(CT비=400:5)이므로 280A이다. 1선 지락 사고시 결과적으로 F_1 점의 경우 계전기는 사고전류의 값이 정정값보다 크기 때문에 동작하지만 방향이 전력회사측 방향으로 오동작 한 것으로 나타났다. 그리고 F_2 점의 1선 지락 사고시 A점 통과 사고전류의 값은 정정값보다 크고 방향 또한 수용가 측 이므로 정상동작한 것으로 분석되었다.

F_1 점의 3상 단락 사고 시 고장전류는 정정값 보다 작기 때문에 부동작하며 방향은 전력회사측 이다.

F_2 점의 3상 단락 사고 시 사고전류는 계전기의 정정값보다 크기 때문에 동작하며 방향은 수용가 측이므로 정상동작하는 것으로 분석되었다.

표 7 F_1 및 F_2 지점의 사고 시 계통연계점 보호계전기 동작상태

Table 7 Protective relay operating condition by fault of F_1 and F_2 point

보호 계전기	고장 종류	고장 지점	계통연계 점 통과전류[A]	계전기 동작상태 (크기 / 방향)
OCGR	1선지락	F_1	693	동작 / 오동작
		F_2	5,550	동작 / 정상
OCR	3상단락	F_1	178	부동작 / 정상동작
		F_2	6,560	동작 / 정상

F_3 점의 1선지락 계통 연계점 통과전류와 방향을 계전기 정정값과 비교해 계전기 동작여부는 표 8에 나타내었다. 그리고 1선지락 사고의 경우 모의한 선로의 길이에 대해 지중선로 및 가공선로 모두 오동작 되는 것으로 분석되었다.

단 3상 단락사고의 경우 표 6과 같이 계통 연계점을 통과하는 전류와 방향은 지중선로 및 가공선로 모두 동작하지 않지만 이는 고장전류의 방향이 전력회사측 임에도 불구하고 단락전류가 적어서 동작하지 않는 것이므로 이러한 경우는 문제가 없다고 할 수 있다.

표 8 F_3 지점 1선지락 사고 시 계통연계점 지락과전류 보호계전기 동작상태

Table 8 OCGR operating condition of network connection point by line to ground fault of F_3 point

선종 및 길이 [km]	계통연계 점 통과전류[A]	계전기 동작상태 (크기 / 방향)	
지중선로	1	660	동작 / 오동작
	3	591	동작 / 오동작
	5	531	동작 / 오동작
	10	416	동작 / 오동작
	15	338	동작 / 오동작
가공선로	1	549	동작 / 오동작
	3	381	동작 / 오동작
	5	291	동작 / 오동작
	10	183	동작 / 오동작
	15	133	동작 / 오동작
	35	64	부동작 / 정상

3.4 계통 연계지점의 방향성 계전기의 적용

그림 1의 계통에서 각각의 사고지점에 1선 지락 및 3상 단락 사고 시 사고검출을 위한 방향성 과전류 및 지락 과전류의 적용에 관한 비교분석은 다음과 같다.

F_1 점의 지락사고시 계통 연계지점의 고장전류의 방향은

전력회사측의 방향으로 계전기를 무 방향성으로 사용하게 되면 수용가측 사고가 아님에도 불구하고 사고로 인식하여 계전기가 오동작하게 된다.

그러므로 계통 연계점에 방향성 계전기를 적용하여 동작 전류의 방향을 수용가측으로 정정하게 되면 계전기의 오동작을 방지할 수 있게 된다.

하지만 F_2 점의 사고 시 고장전류의 방향은 모두 수용가측이며 이러한 경우는 방향성을 지니지 않은 계전기를 사용하더라도 오동작을 하지 않는다.

F_3 점의 사고는 전력회사측의 방향을 지닌 사고전류가 흐르므로 무 방향성을 지닌 계전기를 사용하면 수용가 측 사고가 아님에도 불구하고 사고로 인식하여 오동작을 할 수 있다.

특히 시뮬레이션 결과 가공선로 35km이상의 지점에서 사고가 나는 경우는 고장전류의 크기가 계전기의 정정값보다 작게 분석되었고 이로인해 계전기는 동작을 하지 않을 수 있는 것으로 분석되었다. 즉 가공선로의 경우 35km이내에서 발생한 사고는 방향성을 지닌 계전기를 사용해야만 계전기의 오동작을 방지할 수 있는 것으로 분석되었다.

4. 결 론

본 논문에서는 전력계통과 분산형전원의 계통 연계 모델링을 통해 분산형 전원 수용가 22.9kV 수전설비사고, 분산 전원 수용가측 선로사고, 타수용가측 선로사고에서 1선지락 사고 및 3상단락 사고 발생 시 계통연계 점을 통과하는 사고전류의 크기 및 방향을 사례연구를 통해 분석하였다.

보호계전기의 정정값을 계산한 결과 1선지락의 경우 64A 이고, 3상단락의 경우 280A였다.

사례연구 결과 사고전류의 크기 및 방향을 다음과 같이 알 수 있었다.

첫째, F_1 점의 3상단락 사고의 경우 계통연계점을 통과하는 전류값이 정정값보다 작기 때문에 비방향성 계전기를 적용하여도 상관없지만 1선지락 사고의 경우는 수용가 사고가 아닌데 사고로 인식하여 계전기가 오동작을 하게 되고, 이를 방지하기 위해서는 방향성을 지닌 지락 과전류 계전기를 적용해야 한다.

둘째, F_2 점의 1선지락 및 3상단락 사고의 경우 고장전류의 방향은 모두 수용가 측 방향이므로 비방향성 계전기를 적용이 가능하다.

셋째, F_3 점의 1선지락 사고시 선종별 길이에 따라 64A~660A, 3상단락의 경우 42A~166A로 사고전류가 계통연계점을 통과하였고, 모두 전력회사측 방향으로 분석되었다. 이는 계전기의 정정값보다 크므로 분산형 전원을 운용하는 수용가의 사고가 아님에도 불구하고 사고로 인식하여 오동작할 수 있기 때문에 반드시 방향성을 지닌 계전기를 적용해야 한다.

따라서 배전계통의 분산전원 연계시 적용되는 보호계전기의 적용은 다양한 상정사고로부터 반드시 방향성을 지닌 계전기를 적용하여야 계전기의 오동작을 방지할 수 있고 분산전원의 설비를 안전하고 안정적으로 운용할 수 있을 것으로 사료된다.

현재 분산형 전원의 보호를 위한 과전류 계전기 및 지락 과전류 계전기의 사용에 있어서 선택적인 방향성 계전기의 사용을 기준으로 정하고 있지만 본 연구결과 상황에 따른 방향성 계전기의 사용 보다는 반드시 방향성을 지닌 보호계전기방식의 적용이 필수적인 기준이 되어야 함을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2007-2-055) 주관으로 수행된 과제임.

참고 문헌

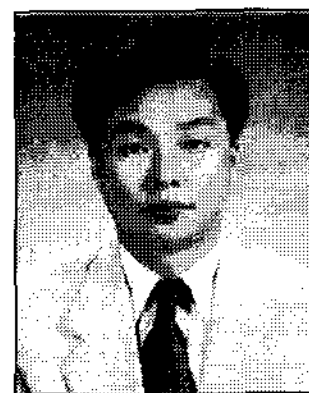
- [1] 최준호, "배전계통에서 분산전원의 운용 및 통합화 전략" 박사학위논문, 2001. 12.
- [2] 한국전력공사 배전처, "분산형전원 계통연계 기술지침 세미나 자료집", 한전전력연구원, 2005.3.
- [3] 한국전력공사 배전처, "분산형전원 배전계통 연계기술 해설서", 한전전력공사 배전처, 2006.9.
- [4] 김재언, "분산전원 연계배전계통 보호방식상의 문제점에 대한 대책", 전력전자학회지 Vol. 8, No.6, 2003.12, pp.16-20.
- [5] 윤관섭외 "전력계통 운영 및 보호분야 고객안내 가이드북 [I]", 한국전력공사 남서울 전력관리처, 2006
- [6] Brahma, S.M., Girgis, A.A, "Development of adaptive protection scheme for distribution systems with high penetration of distributed generation", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 19, 2004.1, pp.56-63.
- [7] Kaur, G., Vaziri, M.Y, "Effects of distributed generation (DG) interconnections on protection of distribution feeders", IEEE PES, Digital Object Identifier 10.1109, pp.8, 2006.6.
- [8] VINCENT DEL TORO, "Electric Power Systems", Chapter9 (Balanced and Unbalanced Fault Analysis), 1992, pp408-458.
- [9] Turan Gonen, "Electric power distribution system engineering", McGraw-Hill, Second edition, 1987
- [10] 송길영, "신편 송배전공학", 동일출판사, 1997.
- [11] J. Lewis Blackburn, "Protective Relaying - Principles and Applications", CRC Press, Second edition, 1997
- [12] 한국전력공사, "보호계전기 실무II", 신기술, 1990

저 자 소 개



이 희 태 (李 羲 泰)

1976년 4월 2일생. 2002년 숭실대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사수료.
Tel : 02-824-2416
Fax : 02-817-0780
E-mail : visir@ssu.ac.kr



조 만 영 (趙 萬 英)

1962년 2월 10일생. 숭실대 전기공학과 졸업. 2008년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동대학원 박사과정. 조엔지니어링 대표이사. 발송배전기술사.
Tel : 02-2057-0532
Fax : 02-2057-0536
E-mail : cmylee@hanafos.com



김 재 철 (金 載 哲)

1955년 7월 12일 생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업. 1987년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 숭실대 전기제어시스템공학부 교수.
Tel : 02-820-0647
Fax : 02-817-0780
E-mail : jckim@ssu.ac.kr