

# 분산형 발전고객의 OCGR오동작 및 과부족 계량에 대한 사례연구

論 文  
57-8-7

## A Case Study on Malfunction of OCGR and Inaccuracy of Watt-hour Meter in Distributed Generation System

中東烈<sup>†</sup> · 朴龍雨\* · 車翰周\*\*  
(Dong-Yeol SHIN · Yong-woo Park · Han-Ju Cha)

**Abstract** - The paper shows the analysis of operating conflict of OCGR trip events and metering errors in the photovoltaic generation, wind generation distributed generation customers with no defect of the distributed generation facilities, which are connected to 22.9 kV distribution lines. To analyze problems with metering errors and OCGR fault event, a power quality analyzer and PSIM program were used to test the field and to simulate in Sun-Cheon photovoltaic generation and Seo-Cheon photovoltaic generation customers. With the trial distribution line, the result of analysis was verified to prove with the same situation of the actual field. This paper suggests short term and long term countermeasures of OCGR fault events, analysis of over and shortage of metering errors in distributed generation customers.

**Key Words** : Distributed generation system, OCGR trip, Metering errors, Fault event

### 1. 서 론

최근 들어 신재생 에너지 확대보급 정책과 맞물려 분산형 전원의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 태양광 발전, 풍력발전 등 다양한 형태의 분산형 전원과 한전계통의 연계가 급증하고 있어 기존의 단 방향 공급형태와는 달리 부하와 전원이 혼재된 양방향 전력공급의 형태로 계통구성이 이루어지고 있는 추세이다. 그러나 현재의 배전계통과 발전고객의 보호계전기, 계량설비는 기본적으로 상위 계통에서 하위의 수용가 쪽으로 단방향 전력조류만을 고려하여 설비가 구성되어 있다. 이로 인해 전원계통 지락고장이나 전원계통 불평형 부하로 인하여 발전고객 측의 지락과전류 계전기가 자주 오동작하고 있다[1,3,4,7,8]. 특히, 발전기가 정지된 상태에서 전력량계가 사용량을 오계량 하고 있어 이에 대한 원인분석과 방지를 위한 대책이 절실히 필요한 실정이다.

본 논문은 발전고객의 OCGR 오동작 현상과 계량오차 발생에 대한 원인을 현장실측, 시뮬레이션과 실증시험을 통하여 검증하였고, 이들 문제점에 대한 대책을 각각 제시하기로 한다.

### 2. 발전설비 구성현황 및 발생사례

#### 2.1 발전설비 구성현황

우리나라의 22.9kV 배전선로는 다중직접접지 방식으로 그림 1과 같이 분산전원 연계로 인해 발전고객과 수전고객이 혼재되어

있다. 발전용량 100kW초과~3,000kW이하는 분산형 전원 발전설비를 배전선로에 연계할 수 있다.

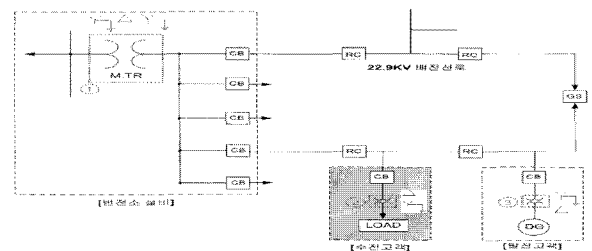


그림 1 배전선로 변압기 결선형태

Fig. 1 The connection type of M·Tr in the distribution line

발전설비의 계통연계 구성은 그림 2와 같이 수전설비와 비슷한 형태로 이루어져 있으며, 한전계통 접속점에서 수전용 MOF, 송전용 MOF, VCB, 변압기, ACB, 발전기 순으로 구성되며 변전소 변압기①는 주로 Y-Y-Δ 3권선 결선, 수전용 변압기②는 Δ-Y 또는 Δ-Δ 결선의 중성점을 부동운전, 발전용 변압기③은 Y-Δ 또는 Y-Y-Δ 형태로 1차 Y결선의 중성점 접지 운전을 하도록 구성하고 있다.[4]

배전계통의 보호계전기나 계량장치는 단방향 전류에 대한 과전류 계전기와 계량방식을 사용하고 있으며, 태양광 발전고객은 1차 VCB 및 2차 ACB가 항상 투입된 상태로 변압기가 배전계통에 연계된 상태로 운전되고 있다. 발전고객 보호방식은 단락과전류계전기(5I), 지락과전류계전기(5IG), 유효전력방향계전기(32P), 저전압계전기(27), 과전압계전기(59), 주파수계전기(81)로 구성되어 있으며 계량설비의 경우 수전용 계량기는 단방향 계량기를 사용하며, 송전용 계량기는 전력거래용 양방향 계량기를 사용하고 있다.[5]

† 교신저자, 正會員 : 韓電 電力研究員 研究員

E-mail : sdy9199@kepeco.co.kr

\* 正會員 : 韓電 電力研究員 研究員

\*\* 正會員 : 忠南大學校 教授

接受日字 : 2008年 4月 24日

最終完了 : 2008年 7月 7日

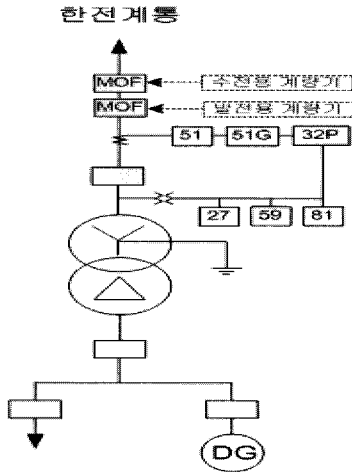


그림 2 발전설비 구성도  
Fig. 2 Configuration of the generation facility

2.2 계량오차 발생현황

그림 3은 2007년3월1일~3월30까지 1개월간 순천 태양광 발전(1000kW) 발전고객의 과다계량 원인분석을 위해 수전용 계량기에서 측정된 1일 과,부족 계량을 분석하였다. 일반적으로 수전용 계량기는 계기정밀도 1.0급 단방향 계량기를 사용한다. 전력분석기는 정밀도 0.2급으로 측정하였다. 동일한 조건을 비교하기 위해서 수전용 MOF(CT비 30/5, PT비 13200/110)에서 수전용 계량기와 전력분석기로 사용량을 비교분석 하였다. 새벽 06시부터 저녁 18시까지 태양광 발전을 할 때 수전용 계량기와 전력분석기로 측정된 결과는 각각 0kWh로 측정 및 계량되었고, 저녁 18시부터 06시까지 수전용 계량기에서는 9~13kW가 계량되었으며, 전력분석기로 측정된 결과 2~4kW가 측정되었다.

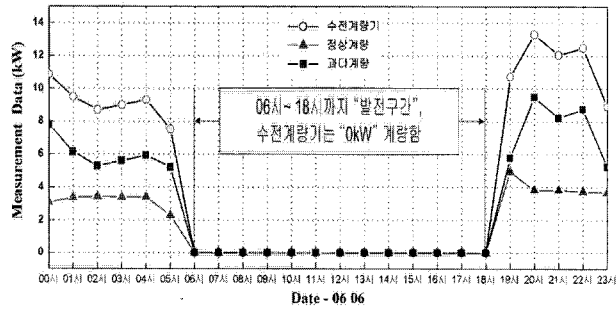


그림 3 발전고객 1일 과부족 사용량  
Fig. 3 Metering transition in the customer over a 1-day period

전력분석기를 수전용 계량 점에 병렬로 설치해서 연계용 변압기의 무부하 손실을 일평균, 월평균, 연평균으로 계량오차 분석한 결과 표 1과 같이 야간에 미발전시 구내 변압기의 무부하 손실을 측정된 값으로 수전용 계량기에서 측정된 1일 사용량은 110kWh이고, 전력분석기에서 38kWh가 측정되었으며, 1일 계량오차가 72kWh, 월 평균 계량오차가 2,160kWh로 정상계량보다 2.5~3배 많이 계량된 것으로 분석되었다.[11]

표 1 일,월,년간 계량오차 분석

Table 1 Analysis of metering error(daily monthly, yearly)

구분	일 평균 사용량	월 평균 사용량	년 평균 사용량
수전계량기 (단방향)	110 kWh	3,300 kWh	40,150 kWh
전력분석기 (정상계량)	38 kWh	1,140 kWh	13,870 kWh
계량오차	72 kWh	2,160 kWh	26,280 kWh

2.3 OCGR 오동작 사례

표 2는 2008년 1월17일~3월16일, 2개월 동안 서천 태양광 발전 1,200kW 발전고객 구내 통합보호계전기(GIPAM)에서 기록된 OCGR 오동작 내역이며, OCGR의 설정치는 15A로 되어있다.

표 2 서천태양광 고객 OCGR 계전기 오동작 내역

Table 2 Operating conflict of OCGR relay in Seo-Cheon generation customer

동작 시간	전류(A)				비고
	a상	b상	c상	n상	
1/17 06:35	45.0	44.9	44.69	135.9	한산D/L지락고장
1/17 09:54	48.9	39.4	53.2	140.5	"
1/28 00:06	88.7	88.7	88.8	265.6	서면D/L지락고장
3/07 09:01	17.3	19.1	0	31.6	전원측 c상 단선
3/07 09:09	18.8	20.6	0	34.0	"
3/07 09:57	17.4	19.0	0	31.6	"
3/07 10:44	14.7	14.8	0	26.0	"
3/07 22:08	9.0	8.3	8.5	26.5	불평형 전류
3/09 04:13	9.0	8.39	8.5	26.5	"
3/10 22:25	9.0	8.3	8.4	26.1	"
3/11 22:24	8.9	8.3	8.3	26.0	"
3/12 06:29	9.0	8.5	8.39	26.6	"
3/13 22:31	9.2	8.5	8.5	26.5	"
3/14 00:44	9.4	9.0	8.6	27.5	"
3/16 22:24	9.4	8.8	8.7	27.5	"

그림 4는 1월17일 장항변전소 #3 MTR(45/60MVA, Y-Y-Δ), 한산D/L 29호 전주에서 피뢰기 파손으로 지락고장이 발생 하였는데, 서천 태양광 발전소의 변압기 결선(Y-Δ, 1차 중성점 직접접지)으로 인한 역 조류로 동일Bank의 인근선로에서 공급받는 서천 태양광 발전고객 구내 OCGR 계전기가 오동작 하였고, 동시에 서면D/L CB와 서면간 532호 R/C가 오동작 하였다. 또한 전원측 지락사고, 전선단선 사고, 불평형 부하에 의해 발전고객 측의 OCGR 계전기가 오동작 하였다. 특히 심야시간 미 발전상태에서 변압기 2차 ACB를 완전히 개방 하였음에도 불구하고 한전 전원계통에 지락고장 또는 불평형부하에 의한 OCGR계전기가 오동작 하였다. 1월 17일 전원측 지락고장으로 인하여 발전고객 구내 통합보호계전기(GIPAM)에 기록된 고장전류의 크기를 보면 A상 전류 45[A], B상 전류 44.9[A], C상 전류 44.7[A], N상 전류 135.9[A]로 중성선 전류가 상전류의 대략 300% 정도로 측정되었다.[12]

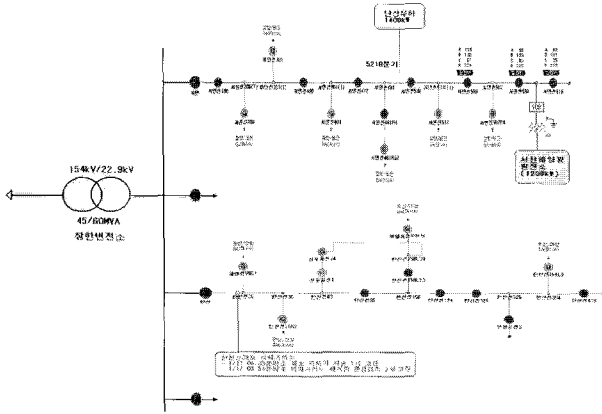


그림 4 분산형 발전고객 지락과전류계전기 오동작 사례  
 Fig. 4 A case on malfunction of OCGR in distributed generation system

3. 원인분석 및 검증결과

3.1 현장실측 분석

그림 5는 태양광 발전 기동 및 정지시 부하전류 실측자료로 서천 태양광 발전 1200kW 발전부하를 전력분석기(PNA-560)로 MOF(PT 13200/110, CT 40/5) 2차측에서 측정된 자료이다. 측정 목적은 태양광 발전시 상별 부하와 미발전시 상별부하 그리고 계통에서 변압기를 완전히 분리시 상별 부하를 5개 지점으로 각각 나누어서 역조류 현상을 분석하였다.

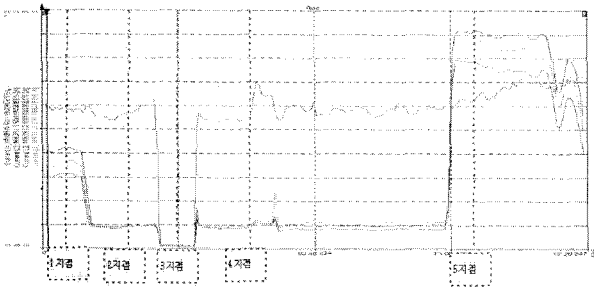


그림 5 태양광 발전 기동 및 정지 부하전류 실측자료  
 Fig. 5 Load current of the photovoltaic generation customer

1지점과 5번지점은 정상발전시 부하전류이고, 2지점과 4번지점은 변압기 2차 ACB OFF후 미 발전 상태에서 측정된 부하전류이고, 3지점은 변압기 1차 VCB를 OFF해서 연계용 변압기를 한전계통에서 완전히 분리한 상태에서 측정된 부하전류이다.

분석결과 역조류에 의한 N상의 전류는 6[A](=1.5×0.5×40/5)로 정상 발전시나 미발전시 거의 5~7[A]로 변동이 없었고, 1차 VCB를 OFF해서 연계용 변압기를 한전계통에서 분리 할 때 역조류 현상이 제거되는 것으로 나타났다.

또한 역 조류 현상은 a,b,c상 부하전류에 의한 불평형 전압에 의해서 발생되고, 변압기 1차 중성점을 부동 운전시 역조류 현상이 제거되는 것으로 확인되었다

그림 6은 1지점(5지점 동일) 측정된 결과 316.8kW(=(103+95+132)× 960배) 발전시 부하전류는 각 전압의 위상보다 180° 뒤진 전류가 발생되었다.

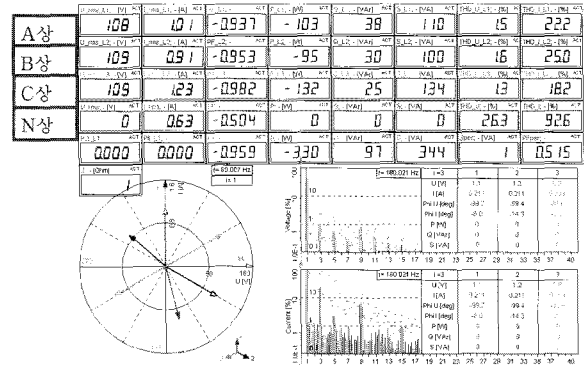


그림 6 1지점 측정결과  
 Fig. 6 Measurement result in the point 1

그림 7은 2지점에서 측정된 자료이고, 미발전시에 A상 9.6[kW], B상 11.52[kW], C상 -18.24[kW] 측정되었고, 이때 A상 2.32[A], B상 2.16[A], C상 2.08[A] 크기로 동위상이 발생되었으며, N상 4.64[A]로 중성선에 흐르는 발전시와 미발전시 동일하게 측정 되었다. 이때 전력분석기로 측정된 전력은 2.88[kW] (=9.6[kW]+11.52[kW]-18.24[kW]) 측정 되었으나 한전 수전용 계량기에서는 a상과 b상의 정방향 부분만 21.12[kW]가 계량되어 역방향 계량에 대한 오차(-18.24kW)가 발생하는 것으로 나타났다.

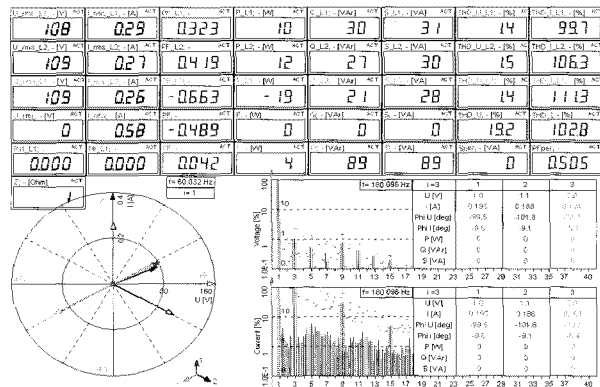


그림 7 2지점 측정결과  
 Fig. 7 Measurement result in the point 2

그림 8은 3지점에서 측정된 자료이며, 발전고객 1차 VCB를 개방하고 한전계통과 완전히 분리한 상태에서 측정된 결과를 보면 a, b, c상별로 전압만 존재하고 전류와 전력은 0kW로 나타났다.

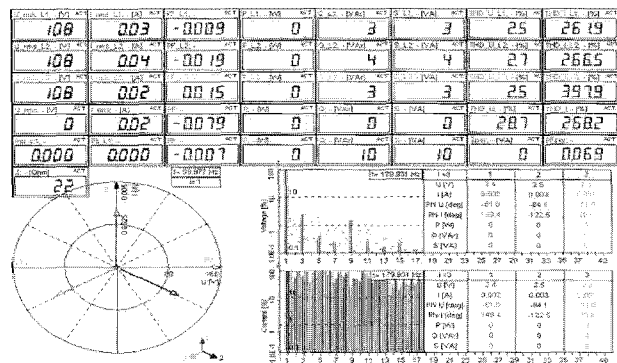


그림 8 3지점 측정결과  
 Fig. 8 Measurement result in the point 3

3.2 시뮬레이션 분석

그림 9은 Psim을 이용한 고장전류 시뮬레이션 자료이다. 2008.01.17 06:35분 장항S/S #3 MTR, 한산D/L, 한산선 29호 전주에서 1차 C상 LA 소손 고장 발생 하였을 때, 동일Bank에 있는 서면D/L에 연계된 서천 태양광(1200kW) 발전고객 구내 OCGR 오동작 현상을 Psim을 이용하여 시뮬레이션 하였고, 특히 심야시간대 미 발전 상태에서 발전고객 변압기만 계통에 연계된 상태에서 A지점, B지점, C지점의 상별 고장전류를 분석하였다.

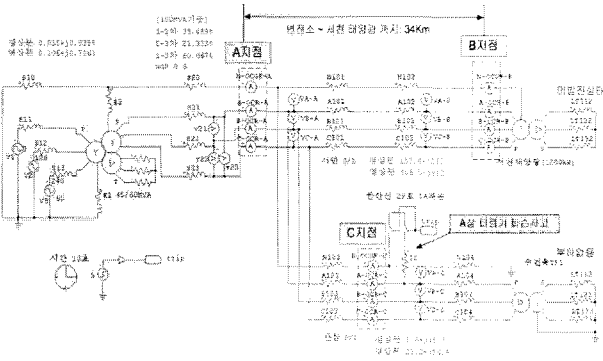


그림 9 Psim을 이용한 고장전류 시뮬레이션  
Fig. 9 Fault current simulation with Psim

그림 10은 지락발생시 고장전류 시뮬레이션 결과이다. 한산선 29호 피뢰기 소손으로 지락(10Ω) 발생시 C지점의 고장전류는 1300[A]가 측정되어 변전소 CB 및 배전선로 R/C의 OCR, OCGR 각각 동작하였고, B지점의 경우 서면D/L에서 공급하는 서천 태양광 발전고객 구내 상전류는 78[A]~82[A]로 측정되었고, N상 전류는 239[A]로 상전류의 300% 전류가 발생되어 OCGR이 오동작 시키는 것으로 나타났다. 특히 전원측 지락 고장시 지락지항에 따라 지락 전류는 대략 200~450[A]정도가 계통에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 지락전류의 크기에 따라 발전 고객측 OCGR과 배전선로 R/C, 변전소 CB까지 오동작하는 것으로 분석되었다.

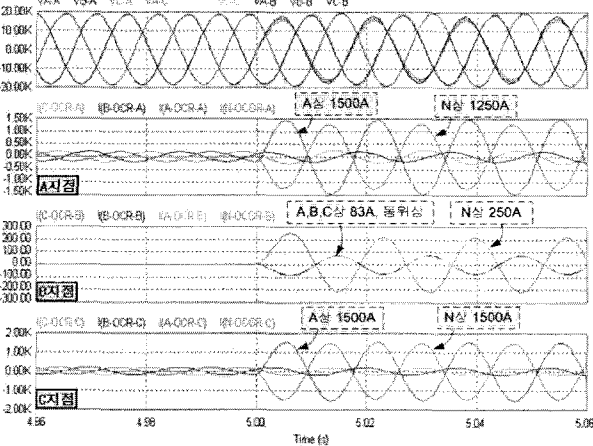


그림 10 지락발생시 고장전류 시뮬레이션 결과  
Fig. 10 Simulation result of fault current with the ground fault

그림 11은 2008.03.16 22:24분 서면선 521R분기 단상부하(1400kW)가, 22시 이후 심야전기로 공급되며, 이러한 불평형부하로 인하여 서면D/L에 연계된 서천 태양광(1200kW) 발전고객 구내에서 발생한 OCGR 오동작 현상을 시뮬레이션 하였다. 이때 서면D/L의 22시 이후 불평형부하 a상 140A, b상 110A, c상 110A로 가정하여 모의하였다. A지점의 변전소 CB지점이고, B지점은 발전고객 구내 1차 차단기 지점으로 각 상별 전류의 크기와 위상을 모의하였다.

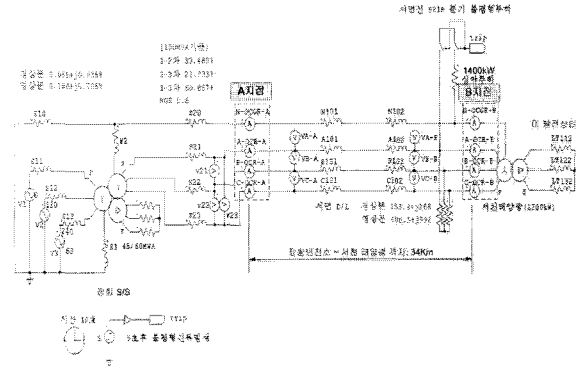


그림 11 불평형 부하로 인한 OCGR 오동작 현상 시뮬레이션  
Fig. 11 Simulation result of OCGR operating conflict with unbalanced load

그림 12은 전원계통 불평형 부하 발생시 A지점, B지점에서 전류 및 위상을 시뮬레이션한 결과를 보여준다. 22시 이후 심야시간대 서면선 521R분기 단상부하(1400kW)로 불평형 전류 발생시, B지점의 전류는 a상 8.9[A], b상 6.2[A], c상 6.8[A] n상 22.1[A] 분석되었다. 이때 발전고객 구내 OCR은 상별로 6[A]~9[A] 동작하지 않으나, n상 OCGR은 22~30[A]로 상전류의 300% 전류가 발생되어 전원측 불평형부하로 인하여 OCGR 설정치 15[A]이상 발생되어 보호계전기가 오동작 하는 것으로 분석되었다.

특히 이때 B지점의 전류위상은 a, b, c상 모두 동위상이고, 이로 인해서 n상 전류가 300%가 발생하는 것으로 분석되었다. 또한 이때 수용가 측에 설치된 단방향 계량기는 전압기준으로 a상(0°), b상(-120°), c상(+120°)로 상별 부하각이 90도 이상 발생될 때 역조류 현상이 발생 되었고, 이때 단방향 계량기는 "0kW"로 계량오차가 발생하는 것으로 분석되었다.

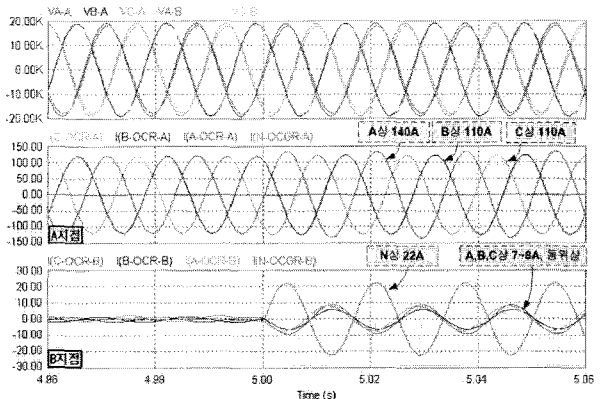


그림 12 불평형 전류 시뮬레이션 결과  
Fig. 12 Simulation result of Unbalanced current

3.3 역 조류에 대한 이론적 분석

그림 13와 같이 백열전구 3개를 이용하여 발전고객이 없는 경우와 백열전구 전원측에 변압기(Y-Δ)를 연계해서 발전고객이 있는 경우를 설명하기 위한 단선도이다. 발전고객이 없는 경우는 C상 스위치를 OFF할 경우 백열전구는 정상적으로 소등된다. 그러나 발전고객이 선로에 연계되면 C상 전원을 OFF하여도 C상 백열전구는 역 조류에 의해서 정상적으로 점등되고 있다.

C상 스위치를 OFF하였는데도 불구하고 C상 백열전구가 정상적으로 점등되는 이유는 그림 13 좌측 하단부와 같이 단상변압기 5대를 이용하여 위상변환 원리를 설명할 수 있다. 입력 2상 3선 (Va상, Vb상, Vn상) 단상변압기 2대에서 1차측 Va, Vb, Vn상을 연결하고 2차측을 역 V결선하면 3상 3선 전원으로 변환된다. 이것을 다시 단상변압기 3대를 이용하여 Δ-Y결선하면 3상 4선 (Va'상, Vb'상, Vc'상, Vn'상) 전원이 출력된다. 그림 13의 우측 (a)와 같이 변압기 병렬구간을 단순화 하여 정리하면 그림 10(b)(c)(d)로 3상 변압기로 나타 낼 수 있다. 따라서 C상 백열전구가 정상적 점등되는 이유는 변압기 결선에 의해서 가상의 c상 전압을 공급하기 때문이다.

이와 같이 발전고객은 일반 수전고객과 다르게 분산전원 계통 연계 기준에 따라 변압기(Y-Δ결선) 1차 중성점을 직접접지 하도록 되어있고, 이로 인하여 전원측(한전 계통측)에서 1선 지락전류, 전선단선, 불평형 부하로 인하여 1상의 전압이 떨어지면 이때 수용가측 변압기가 역V 결선형태로 나머지 2상에서 떨어진 전압만큼 보상하게 되고, 이로 인하여 중성선 전류는 상전류의 약 300%가 발생되어 OCGR을 오동작 시키는 것으로 실험결과 나타났다. 특히, 야간에 태양광 미발전시 배전선로 불평형 부하로 인하여 발전고객 OCGR 오동작현상과 상별 역 전력(-kWh) 발생으로 수전계량기가 과다계량 되는 것으로 분석되었다.

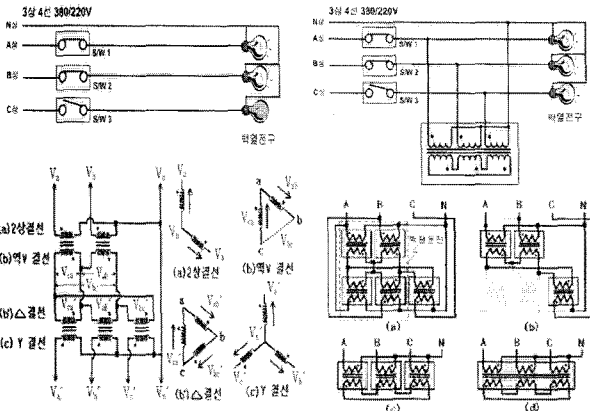


그림 13 위상변환 원리  
Fig. 13 The principle of phase converter

그림 14와 같이 수전계량기는 3PT, 3CT 3상4선 방식으로 3상 전력은  $P = Pa + Pb + Pc$ 로 합산하는 3전력계법으로 계량을 하고 있다. 발전고객측 변압기 1차 중성점 접지로 인한 역 조류 현상을 벡터도로 표시하였다. 여기서  $Pa = Va \times Ia \times \cos \theta$ ,  $Pb = Vb \times Ib \times \cos -120$ ,  $Pc = Vc \times Ic \times \cos 120$ 이다. 따라서 양방향 계량기에서는 a상 계량기 (Pa)는 100% 정상계량 되고, b상과 c상 계량기(Pb, Pc)는 위상각 120로 각각 -50% 씩 역 계량되어 합산하면  $100\% + (-50\%) + (-50\%) = 0$ 가 된다. 그러나 수전용 단방향 계량기는 -역계량

-50%, -50% 부분을 각각 0kW로 계량하므로 3상 합산하면 a상 부분( $Pa=100\%$ )만 계량을 하고 이로 인한 계량오차가 발생한다.

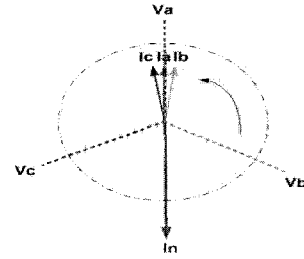


그림 14 역조류 벡터도  
Fig. 14 power flow vector

그림 15는 수전용 계량기는 단 방향 계량기로 역방향 조류(위상각이 90도 초과)시 계량되지 않는 문제점과 계량기 제작 회사별 사용량 합산방식에 따라 사용량은 모두 다르게 계량된다. 예를 들면 A상 10kW, B상 -6kW, C상 -6kW 일 때 3상 모두 합산해서 -2kW로 계량하는 회사도 있고, -계량 합산 부분을 모조근 0kW로 계량하는 회사, 또는 상별로 -계량부분을 0kW하고 합산하여 15kW로 계량하는 회사도 있다.[9,10]

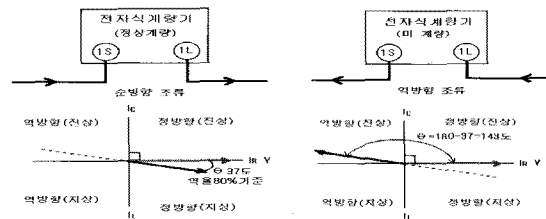


그림 15 단방향 계량기 설치시 문제점  
Fig. 15 The problem of unidirectional meters

3.4 모의계통 실험에 따른 결과 검증

그림 16은 모의계통 실험모습이며 그림 17은 C지점 이후 부하측에서 a상, b상, c상 순으로 지락고장 발생을 모의하기위한 계통구성도이며, 이대 A지점 변전소 인출, B지점 발전고객측, C지점 인근선로 지락발생점을 각각 전력분석기로 상별 고장전류의 크기와 벡터를 모의하는 계통도이다.

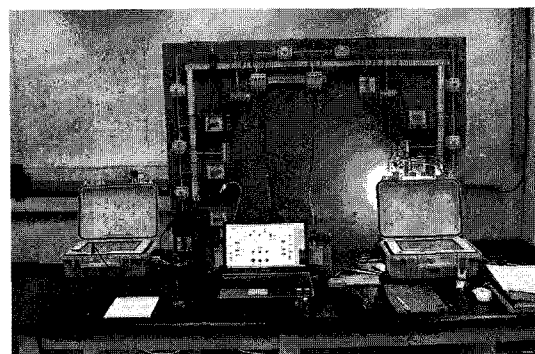


그림 16 모의계통 실험모습  
Fig. 16 Trial simulation

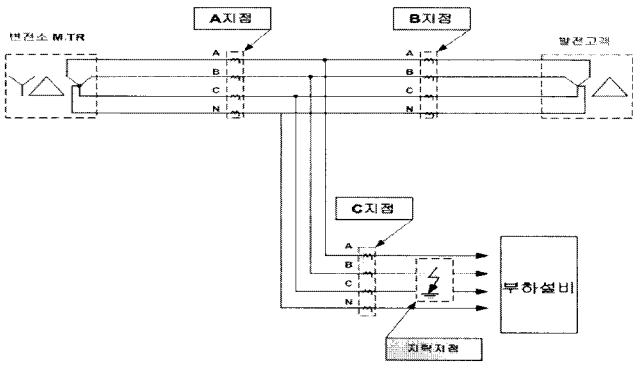


그림 17 부하측 지락 고장시 모의 계통도  
 Fig. 17 A distribution diagram with the ground fault in the load side

A지점(그림 17)의 지락전류는 그림 18의 벡터도이며, B지점은 그림 19와 같이 지락고장발생시 a, b, c상 전류는 거의 동위상이 되고 이때 중성선 전류는 3배의 전류가 흘러서 OCGRI가 오동작하게 되는 것으로 나타났다. 그림 20은 같이 C지점에서 측정된 상별 벡터도이며, C지점 n상의 지락전류는 A지점과 B지점의 합으로 나타났다.

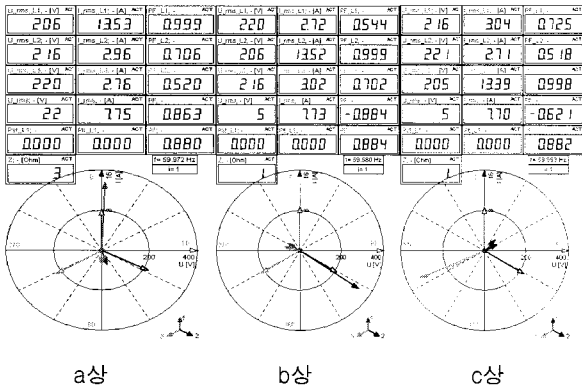


그림 18 A지점 벡터도  
 Fig. 18 vector diagram in the point A

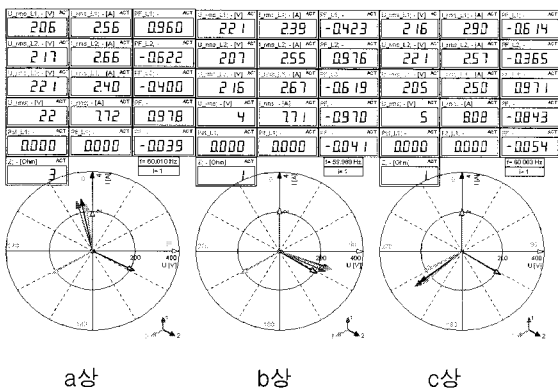


그림 19 B지점 벡터도  
 Fig. 19 vector diagram in the point B

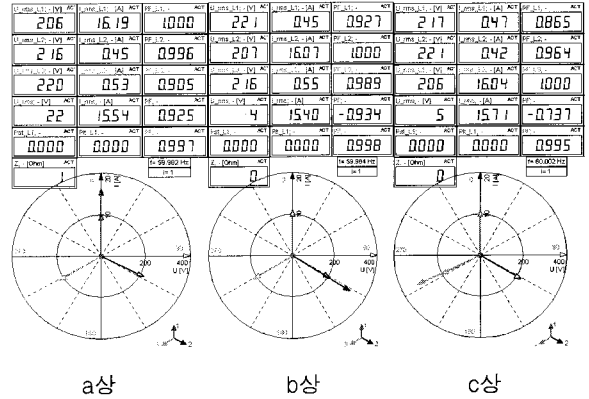


그림 20 C지점 벡터도  
 Fig. 20 vector diagram in the point C

그림 21과 같이 실증설비를 구성하고 백열전구 100W, 전자식 부하 100W, 변압기(Y-Δ결선)를 구성한 상태에서 전원측에서 a상 전선이 단선 되었을 경우, A지점, B지점, C지점에서 각각 전력분석기로 모의하였다. 그림 22는 전선이 단선된 후의 벡터도이다.

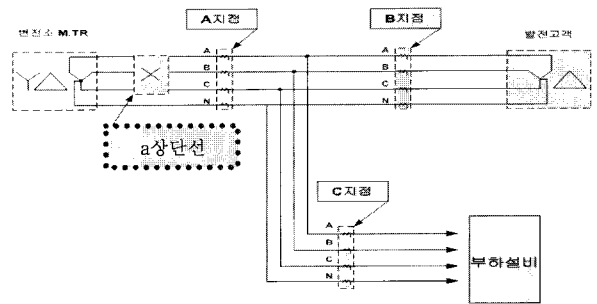


그림 21 a상 전선 단선시 모의계통도  
 Fig. 21 Trial distribution diagram when phase A is disconnected

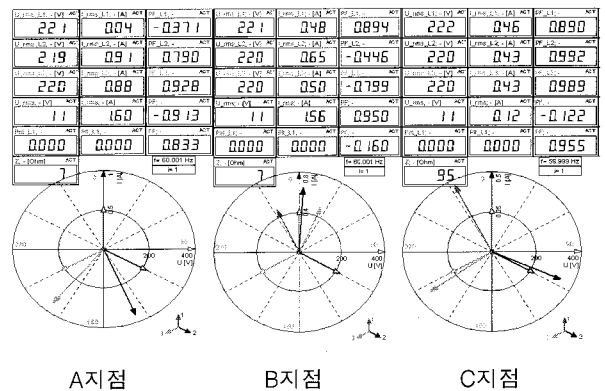


그림 22 a상 전선단선 후의 벡터도  
 Fig. 22 vector diagram after disconnecting of phase A

#### 4. 결 론

본 논문에서는 발전고객의 OCGR 오동작 현상과 계량오차 발생에 대한 원인은 배전계통 또는 송전계통에 변압기 1차 중성점 접지로 연계된 발전고객은 역 조류로 인하여 계량오차가 발생하는 것으로 확인되었으며, 서천 태양광 1200kW 발전고객 OCGR 오동작 원인은 발전 고객 설비와 무관하게 한전 전원측 계통에서 지락고장, 전선단선, 부하 불평형으로 a, b, c상중 전압의 불균형이 발생시 발전고객측의 변압기 1차 중성점 접지로 인하여 역 조류 현상이 발생되어 OCGR이 오동작 하는 것으로 분석되었다.

이러한 문제점을 해소하기 위해서는 단기적으로 전원측 고장시 OCGR이 동작되지 않게 방향성 지락계전기와 양방향 계량기를 설치해야 하며, 장기적 대책으로 발전고객 변압기 중성점을 발전기와 연동해서 ON/OFF 제어를 하거나, N상에 영상전류를 제한하는 역 조류 방지장치(NGR, 등) 설치해야만 수용가측 OCGR뿐만 아니라 배전선로 R/C 오동작현상을 방지할 수 있다. 또한 방향성 지락계전기는 조류방향에 따라 자동으로 정방향과 역방향을 선택하는 기능과 정방향 정정값과 역방향 정정값을 각각 다르게 설정하도록 하는 알고리즘 개발이 시급한 것으로 분석되었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 최준호, 노경수, 김재철 “분산전원이 연계된 배전계통의 온라인 보호협조 방안”, 조명·전기설비학회 논문지 제 21권 제3호, 2007년 3월
- [2] 신동열, 김숙철, 윤기갑, 차한주, “위상변환장치를 이용한 새로운 배전변압기 무정전 교체방법”, 조명·전기설비학회 논문지 제21권 제6호, 2007년 12월
- [3] 정원욱, 윤기갑, 신동열, 이학주, 김숙철 “순천 태양광발전 연계 배전계통 모의해석”, 대한전기학회 하계학술대회 논문지, 2007. 7월
- [4] 한국전력공사 배전처, 분산형전원 배전계통 연계기술해설서, 2006. 9
- [5] 한국전력공사 배전처, 배전보호 기술서, 1995
- [6] 한국전력공사 서울지역본부, 배전선로 보호협조, 2002. 09
- [7] Sukumar M. Brahma; Adly A. Girgis, " Effect of Distributed Generation on Protective Device Coordination in Distribution System", Power Engineering, LESCOPE '01, Page(s):115-119, 2001.
- [8] Sukumar M. Brahma; Adly A. Girgis, "Development of Adaptive Protection Scheme for Distribution Systems With High Penetration of Distributed Generation" IEEE Trns. on PWRD, Vol. 19, No. 1, pp. 56-63, Jan. 2004
- [9] 한국전력공사 영업처 문서 “과,부족 전력요금 정산방법 알림”, 2004. 08
- [10] 전기위원회 제정사건(사건번호 200305), “전력 계량값 차이로 인한 전력요금 정산합의서”, 2004. 03
- [11] 전력연구원 배전연구소 기술지원(2007-I-2001-1, 배전운영처), “발전고객 수전용 전력량계 과다계량 원인분석”, 2007. 06.
- [12] 전력연구원 배전연구소 기술지원(2008-I-0167-1, 서천지점), “발전고객 수전용 OCGR 오동작 원인분석”, 2008. 03

### 저 자 소 개



#### 신 동 열 (申 東 烈)

1966년 4월 15일생. 1992년 1월~2006년 7월 한전 부산지사 근무. 2006년 7월~현재 한전 전력연구원 배전연구소 근무. 2007년 3월~충남대학교 전기공학과 석사과정 재학 중. 2005년 특허분야 정부신지식인 선정(행자부). 2006년 이달의 엔지니어 상 수상(과학기술부)  
Tel : 042-863-5943  
E-mail : sdy9199@kepcoco.kr



#### 박 용 우 (朴 龍 雨)

1982년 전북대학교 전기공학과 졸업. 1995년 연세대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사), 1982년 한전 입사, 2004~2005 배전처 내선계기팀장. 2007~현재 전력연구원 배전연구소장. 발송배전기술사, 전기안전기술사.  
Tel : 042-865-5900  
E-mail : ywpark@kepcoco.kr



#### 차 한 주 (車 翰 周)

1988년 서울대 전기공학과 졸업. 1990년 포항공대 전자전기공학과 졸업(석사), 2004년 미국 Texas A&M University, College station(공박), 1990년~2001년 LG산전 연구소 책임연구원, 2005년~현재 충남대학교 전기정보통신공학부 전기전공 조교수.  
Tel : 042-821-7603  
E-mail : hjcha@cnu.ac.kr