

분산전원 연계배전계통 보호방식상의 문제점에 대한 대책

김재언

(충북대 전기전자공학부 교수)

본 특집원고에서는 분산전원이 기존의 배전계통에 도입될 경우, 보호방식측면에서 야기될 수 있는 문제점에 대하여 현장의 배전실무자들이 간단히 개략적으로 이를 검토분석 및 해석할 수 있는 방법을 소개하기로 한다. 이를 위하여 먼저, 기존 배전계통과 분산전원 연계배전계통의 보호방식상의 특징을 설명하고, 분산전원이 도입된 연계배전계통의 보호방식상의 문제점을 정상시와 비정상시로 나누어 제시하고, 이들 보호방식상의 문제점에 대한 대책을 각각 제시하기로 한다.

1. 기존 배전계통 보호방식의 특징

기존 배전계통은 변전소 주변압기를 유일한 전원으로 하는 단일 전력조류방향의 방사상 구조/방사상운용을 하고 있어, 이를 근거로 한 배전계통의 보호방식운용원칙은 다음과 같이 요약될 수 있다.

■ 보호방식의 운용원칙(쉽게 실현가능)

비정상상태(사고포함)의 구간에서 변전소방향으로 제일 가까운 한 점(차단기)만을 보호기기의 선택성과 협조에 의해 차단하여 비정상상태(사고)의 구간을 최소화하여 신속히 분리함.

2. 분산전원이 도입된 배전계통 보호방식의 특징:

분산전원이 도입된 배전계통의 경우, 배전계통에 전원이 존재함으로 인해서 양방향 전력조류의 방사상구조/루우프운용 형태로 되므로, 이 경우 사고시 Recloser가 동작하기 전에 분산전원이 연계계통으로부터 분리되지 않으면 분산전원으로부터의 공급고장전류로 인하여 Recloser에 의해 사고가 제거될 수 없는 상태(분류효과)로 되거나 분산전원 및 계통설비에

damage를 입힐 수 있게 된다. 따라서, 이는 기존의 보호방식과 보호기기의 운용원칙을 파괴하므로 전력회사의 배전계통 운용에 악영향을 주지 않는 다음과 같은 최소한의 연계조건 (Interconnection Requirements)설정이 불가피하다.

■ 분산전원 연계배전계통 보호방식상 최소한의 연계조건 설정분야

- ① 전력회사 선로 작업원(보수원)의 안전(Personnel Safety) 확보조건
- ② 전력품질(Service Quality) 유지조건
- ③ 전력공급 신뢰도(Service Continuity) 유지조건

3. 분산전원이 도입된 배전계통의 보호방식상 문제점 분석

분산전원이 도입될 경우 이로 인해 기존 배전계통의 보호방식에 미치는 영향은 크게 정상시, 비정상상태시로 구분될 수 있고, 특히 비정상상태시는 다시 과도상태시와 사고시로 구분될 수 있다.

먼저, 정상시의 경우는 상시전압변동, Flicker, 병렬열로 인한 순시전압변동, 고조파, 불평형 등이 고려될 수 있는데, 이들은 크게 문제가 되지 않고, 분산전원측에서 단락사고시 역전력후회계전기를 채용하는 경우 분산전원의 운전역률로 인하여 연계점의 역률이 진상으로 됨으로 인해 오동작할 우려가 있다.

두 번째로, 비정상상태의 과도상태시인 경우는, 동기발전기의 비동기병입, 유도발전기의 기동시 돌입전류, 동기발전기의 부재동현상, 커패시터스윗칭으로 인한 공진현상(전압확대현상), 동기발전기의 자기여자현상, 유도발전기의 자기여자현상, 고립운전현상, 설비과부하현상 등으로 나눌 수 있다.

세 번째로, 비정상상태의 사고시인 경우는, CB(or Recloser)와 Fuse간의 보호협조, 1선지락시 공진현상, 단락 용량, 분류효과, 타선로(회선) 사고시 OCR의 불필요한 동작, Recloser의 정정, 재폐로동작 등으로 나뉘어 분석될 필요가 있다.

4. 분산전원 연계배전계통 보호방식상의 문제점에 대한 대책

4.1 평상시

4.1.1 역률

무효전력방향계전기(32Q : 단락고장발생시 분산전원에서 발생/공급하는 무효전력을 검출하여 차단하는 보호계전기)를 채용하는 경우, 분산전원수용가의 역률조정실패시, 즉 전력용콘덴서의 과다투입 및 경부하시 진상역률이 될 경우 동작할 우려가 있다. 이를 방지하기 위하여 저전압계전기(27)와 AND 조건으로 하여 동작할 필요가 있다.

4.1.2 Flicker(Voltage Fluctuation):

분산전원의 빈번한 병해열 및 출력변동에 의한 영향으로서 는 주파수변동과 전압 Flicker의 문제가 고려될 수 있다. 주파수변동은 도서지역 등의 단독계통에서 일어날 수 있는 것으로서 개별적인 분석과 대책이 마련되어야 한다. 전압 Flicker의 경우는 선로의 타수용가의 조명설비에 떨림현상(Flicker)을 가져오게 되고, 모터부하에 이상진동 등을 야기 시키게 된다. 이 Flicker 현상은 전압변동치와 변동빈도에 관계되는 것으로 전압변동치를 억제하거나 병해열빈도를 저감하는 대책이 필요하다.

분산전원중 이러한 Flicker 현상을 일킬 가능성이 있는 것이 풍력발전기인데, 그 이유는 설치운전지역의 풍속의 변화에 따라서 출력변동 및 빈번한 병해열이 일어나기 때문이다. 이에 대한 대책으로는

- 정지형무효전력보상장치에 의한 무효전력보상방법
- 사이리스터 등에 의한 Slow starting(또는 Soft starting : 발전기 터미널의 전압을 서서히 승압시켜 전류억제기능을 갖게함으로써 돌입전류를 발전기의 정격전류치 레벨 이하로 하는 기능)방법
- 배전선의 굵기를 크게 하여 계통임피던스를 저감하는 방법

등이 고려될 수 있다.

4.2 비정상상태시

4.2.1 과도상태시

가) 동기발전기의 비동기병입

일반적으로 3상동기발전기의 동기병입조건은 전압의 크기가 동일하고, 불평형이 되지 않을 것, 전압의 위상이 동일할 것, 주파수가 동일하고, 상회전이 동일할 것으로 요약된다. 일반적으로 계통측 전압이 $V_0 \angle 0^\circ$, 분산전원(동기발전기)측 무부하발전전압이 $V_G \angle \delta$ 일 때, 발전기에 연결되어 있는 차단기를 투입한다고 하면, 이 때 흐르는 전류 I_G 는, $I_G = (V_G \angle \delta - V_0 \angle 0^\circ) / jX_G$ 로 된다. 물론 차단기 투입초기에는 상기식의 발전기 동기리액턴스 X_G 대신에 발전기의 초기과도리액턴스(X_G'')에 의한 과도돌입전류가 흐르게 된다. 이 전류에 의해서 발전기측에서 계통측으로 공급하는 유효전력은 $P_G = (V_G V_0 / X_G) \sin \delta$ 로 되어 $\delta > 0$ 일 경우에는 $P_G > P_m$ (무부하운전시므로 0)으로 되어 발전기는 동기화력에 의해 감속하여 위상이 작게 된다. 따라서, 만약 차단기투입시 위상이 90도 이상이 되게 될 경우는 동기화력($dp/d\delta = V_G V_0 \cos \delta / X_G$)은 음(-)으로 되어 발전기의 회전자가 점점 가속되어 탈조상태로 된다. 최악의 경우, 즉 위상차가 180도로 되는 경우에는 과도돌입전류 I_G 가 $I_G = (-V_G - V_0) / jX_G$ 로 되어 3상단락전류의 거의 2배에 가까운 전류가 발전기에 흐르게 된다. 이것은 발전기의 권선 및 축에 손상 및 수명에 영향을 끼치게 되고, 또한 선로의 전압변동을 크게 일으키는 원인이 되기도 한다.

나) 유도발전기의 기동시 돌입전류

유도발전기가 기동을 할 경우의 기동임피던스 ZM은 상당히 작으므로 선로에 병렬로 연결되어 있는 부하들은 기동시 무시하고, 변전소 주변압기 2차측의 전압을 1.0 pu로 상정하여 선로에 흐르는 기동전류와 그 때의 유도발전기 연계점에서의 전압 및 전압강하의 산출을 통하여 그 영향의 정도를 분석할 필요가 있다. 물론 정확히 그 영향을 분석하는 데에는 주변압기의 임피던스와 Tap도 고려하여야 한다.

다) 동기발전기의 부제동현상

동기발전기인 분산전원이 배전계통(무한대모선)에 연결되어 있는 경우, 그 운동방정식으로부터 제동계수가 음(-)이 되면 운동방정식의 해가 진동발산하게 되어 발전기는 난조상태로 된다. 이러한 현상은 특히 제동권선이 없는 발전기가 배전선에 연계될 경우 발생될 가능성이 높다. 특히, 연계배전선에 직접 부하가 있는 경우는 위의 식중 $K(X \tan \delta - R)$ 에서 저항 R 성분이 크게 되지 않도록 주의해야 한다.

이에 대한 대책으로서는 발전기의 출력을 증가시켜 제동회전력이 정(+)의 출력이상에서 운전되도록 하든가 발전기의 내부전압을 감소시켜 비례계수K가 음(-)이 되도록 하는 방법이 고려될 수 있다. 그러나, 가능하면 제동권선을 갖추어 기동시의 동요를 저감시키도록 하는 것이 좋다.

라) 공진현상(커패시터 스윗칭)

분산전원이 유도발전기의 경우에는 역률보상용 콘덴서를 같이 설치하여 운용하게 된다. 유도발전기가 기동될 때 기동 전류에 의한 전압강하 및 역률보상을 위하여 콘덴서가 투입 되게 되면 역률보상용 콘덴서를 소유하고 있는 인접 수용에 이로 인한 전압확대현상을 야기시킬 수 있다. 대체적으로 콘덴서의 스윗칭주파수와 수용가 natural frequency가 거의 비슷한 점에서 공진이 발생하여 전압확대현상이 일어나게 된다.

이 스윗칭에 의한 과도전압의 크기는 대체적으로 1.1~1.6 배에 달하는 것이 일반적이어서, 배전계통 surge protection의 level이하로 되기 때문에 전력회사에서는 문제가 되지 않는다. 그러나, 이 과도전압의 주파수는 300~1000 Hz 정도의 범위로 비교적 저주파수이므로 일반수용가의 변압기를 통과하게 되어 이 전압은 2차측에서 전압확대현상을 일으키게 된다. 즉, 모터를 제어하는 생산공정의 ASD(Adjustable Speed Drives)와 같은 정밀제어기기 등에서는 이로 인해 과전압이 순시적으로 발생되어 ASD를 불필요하게 차단(트립)하는 현상을 일으키게 되므로 치명적인 손해를 입게 된다.

마) 유도발전기의 자기여자현상

유도발전기의 회전자계를 만드는 여자전류는 고정자가 연결된 전원으로부터 공급받아야 하기 때문에 전력계통과의 상시병렬운전이 필요하다. 그런데, 여자전류는 지상(부하기준)의 무효전력으로서 유도발전기가 연계된 배전계통으로부터 공급받아야 하므로 연계점의 역률이 낮아지게 된다. 따라서 이를 위해 역률보상용 콘덴서를 병렬로 접속하여 역률을 보상하는 방식이 일반적으로 채용되고 있다. 그러나, 어떤 원인으로 인하여 부하가 없는 가운데 유도발전기와 무효전력보상용 콘덴서가 병렬로 연결된 채로 계통과 분리된 경우, 콘덴서의 지상전류가 여자전류로 되어 자속을 증가시킴에 따라 유도발전기의 무부하포화특성곡선과 콘덴서의 전압전류특성과의 교점까지 전압이 상승하는 자기여자현상이 발생하게 된다. 이에 대한 대책은 유도발전기 등가회로를 이용하여 분석하여야 한다.

아) 고립운전(Islanding or Loss of grid)현상

고립운전현상이란 어떠한 왜란에 의하여 선로의 중간에 있는 차단기가 개방되어 차단기 이하의 계통부하를 분산전원이 감당하여 운전하고 있는 형태를 말한다. 이와 같은 상황에서 부하용량과 분산전원의 용량이 어느 정도 평형이 유지되지 않으면 계통의 전압이나 주파수가 한계 허용치에서 벗어나게 되어 고조파, flicker, distortion 등의 전력품질특성상의 문제가 야기된다. 따라서 고립운전현상은 시스템의 수명을 단축시키고 기기의 오동작 및 손상을 초래한다. 또한, 부하용량과

분산전원의 용량이 어느 정도 평형을 유지할 경우에는 전압과 주파수가 허용치를 벗어나지 않는 상태에서 운전되지만, 차단기가 비동기 재폐로가 되면 과도전류가 발생하여 분산전원, 전력설비 및 부하기에 손상을 입힌다. 그러므로 분산전원의 도입시 나타나는 고립운전 방지대책이 필요하다.

가장 기본적인 고립운전 방지방법은 선로에 있는 모든 차단기의 동작상태를 파악하여 고립운전시 inter-tie 차단기를 개방시키는 것이다. 특히, 재폐로에 대해서는 우리나라의 배전계통의 경우 배전용변전소의 인출구에 설치되어 있는 CB가 0.5초, 22.9 kV의 배전선로에 설치되어 있는 Recloser가 2초로 각각 재폐로시간이 설정되어 있어서, 그러나 현재의 시스템에서 모든 차단기의 동작상태를 파악하는 것은 불가능하지만 SCADA 시스템 및 배전자동화 시스템이 전체계통에 적용된다면 가능할 것이다. 현재까지 고립운전 방지대책으로 제안된 방법으로는 크게 능동적 방법과 수동적 방법이 제시되고 있다. 능동적 방법이란 분산전원의 제어계 및 외부에 부가설치한 저항 등에 의해 평상시 출력 및 주파수상에 주기적인 변동을 강제적으로 주어 고립운전상태로 이행할 때 현저하게 나타나는 전압 전류 및 주파수상의 변동을 검출하는 방법으로서 주파수 변동방식, 유효전력 변동방식, 무효전력 변동방식, 부하 변동방식으로 분류된다. 수동적 방법이란 고립운전 현상 발생시 부하의 변동에 의한 전압, 주파수 및 전류의 변화를 관찰하여 고립운전을 방지하는 방법이다. 이러한 방법은 크게 유효전력 변화율 검출방식, 주파수 변화율 검출방식, 전압위상 검출방식, 제3고조파 전압 급증검출방식으로 나누어진다.

자) 설비 과부하 현상

Δ - Δ 결선의 연계용변압기를 통하여 계통에 연결되어 있는 분산전원은 1선지락사고시 건전상의 전압이 1.73 pu 까지 상승시킬 우려가 있어서 일부 전력회사에서는 이 연계용 변압기를 직접접지하도록 요구하고 있다. 그러나, 분산전원 연계용 변압기를 Y grounded - Δ 로 하게 되는 경우, 만약 분산전원과 연계용변압기의 용량이 연계되는 계통의 선로용량보다 작다면 정상운전상태하에서 연계용변압기 내부에 상당한 크기의 영상분전류가 흐를 가능성이 있다. 이를 방지하기 위한 방법으로는 변압기의 중성점을 임피던스를 통하여 접지시키는 것이다. 이 접지 임피던스는 고장시 계통측에서는 크게 나타나지만, 분산전원측에서는 작은 값이다. 그러나, 3상4선다중접지방식의 배전계통에서는 1선지락사고시 건전상 전압이 과전압으로 되는 것을 방지하기 위해서 어레스터의 동작전압을 고려하여 건전상전압이 최대 125%~135%이하로 제한하고 있다. 이에 관한 IEEE의 effective grounding 에서는 영상분 리액턴스가 정상분 리액턴스의 3배 보다 작도록 하고 있다. 따라서, 접지임피던스

의 리액턴스성분 결정방법은, 분산전원 연계용 변압기의 고압측(계통측)에서 접지 리액턴스와 연계용변압기의 리액턴스 성분의 합이 분산전원과 연계용변압기의 리액턴스 합의 3배보다 작도록 설정해야 한다. 이 때의 분산전원으로부터 1선지락고장점으로서의 고장전류는 연계용변압기가 Δ - Δ 결선되어 있을 경우와 거의 같게 된다.

4.2.2 사고시

가) CB(or Recloser)와 Fuse간의 보호협조

배전계통에 있어서 순시사고(지락, 단락)시 fuse의 불필요한 동작으로 CB 또는 리클로저사이의 보호협조체제를 붕괴시켜 Fuse이하의 모든 수용가에 영구정전을 가져오게 한다. 이러한 경우 분산전원의 용량이 얼마 이상일 경우에 퓨즈와 차단기간의 보호협조가 무너지게 되어 Nuisance Fuse Blowing이 발생하는가를 검토해야 한다. 이 때 검토대상은 3상단락 (Three-phase fault), 선간단락 (Phase-to-phase fault), 1선지락 (Single-phase-to-ground fault)의 3가지 경우와, 분산전원연계용 변압기가 Grounded Y- Δ 및 Δ - Δ 의 경우이다.

나) 1선지락시 공진현상

연계선로 1선 지락사고가 발생되어 분산전원측 차단기가 늦게 동작되면 전력회사측 차단기가 개방된 상태에서 분산전원은 계통과 분리되어 1선지락사고인 채로 남게 되어 공진현상이 일어날 수 있다. 대체로, 선로 Capacitor와 부하가 분산전원용량과 비슷하거나 적을때 정격전압의 수배에 달하는 고전압이 발생되며, 이러한 고전압에 대한 보호는 피뢰기로써 할 수 있으나, 1선지락사고시 분산전원이 사고선로로부터 분리되는 데에는 오랜 기간(약 10 cycles 이상)이 걸리기 때문에 피뢰기는 공진으로 인해 발생하는 에너지를 약 10 싸이클 정도 흡수할 수 있는 정도의 size라야 한다. 용량이 작은 분산전원의 경우에는 배전급 피뢰기정도로 보호가 가능하지만, 100 kW이상의 분산전원이 도입될 경우에는 변전소급의 피뢰기가 필요하게 될 것이다.

일반적으로 피뢰기의 적용에 있어서는 공진조건으로 인한 과전압검출부터 분산전원이 분리될 때까지의 전체시간을 고려해야 할 필요가 있으며 또한 이의 대책으로서 전송차단방식을 생각할 수 있다.

다) 단락용량

우리나라의 교류차단기의 정격차단전류는 한국전력공사표준규격(ESB 150 교류차단기)에 다음과 같이 규정되어 있다. 분산전원이 도입된 경우 이에 의한 단락용량의 증가로 수용가의 차단기의 차단용량을 초과할 가능성이 있으므로 이에 대한 검토를 해야할 필요가 있다.

표 1. 교류차단기의 정격전류

정격전압	정격차단전류	비고(차단용량)
25.8 kV	12.5 kA	560 MVA
	25 kA	1120 MVA

라) 분류효과

장거리 배전선로에 있어서 특히 경부하시 선로의 말단에서 사고가 날 경우, 배전용변전소의 OCR이 부동작할 가능성이 있다. 검토의 대상은 분산전원의 연계용변압기의 결선방식에 따라 다르나, 지락 및 단락 모두에 대하여 분석하여야 한다.

그러나, 이러한 분산전원에 의한 분류효과를 고려하여 계전기를 정정운전하는 도중에 어떠한 이유로 분산전원이 연계되지 않는 경우는 분류효과가 일어나지 않으므로 over-reach하게 된다. 이 점은 변전소인출구의 CB 및 선로도중에 위치하여 있는 Recloser의 정정에 세심한 주의를 기울여야 한다.

마) 타선로(회선) 사고시 OCR의 불필요한 동작

분산전원이 연계된 선로이외의 타선로에 사고가 발생하였을 시, 분산전원이 연계된 선로의 OCR에는 분산전원으로부터 타선로에 공급되는 고장전류가 감지되므로, 이 경우는 분산전원연계선로의 변전소인출구의 OCR이 불필요하게 동작할 가능성이 높다. 그 전류의 크기는 분산전원의 위치에 따른 고장점까지의 임피던스에도 관계되지만, 분산전원의 특성에도 상당히 좌우된다. 즉, 전류제어형 인버터방식의 경우에는 사고가 발생하더라도 그 공급고장전류는 거의 정격전류에 가깝지만, 전압형인버터, 동기발전기, 유도발전기 등의 경우에는 고장전류가 정격전류의 4~5배에 달하기 때문에 case by case 로 검토해야할 필요가 있다.

바) 재폐로동작시

배전선로사고의 70~80%가 일시적인 것을 감안하여 CB나 Recloser에 차단후 재투입할 경우 바로 정상전압이 공급될 수 있도록 하는 자동재폐로기능을 부여하고 있다. 그러나, 이러한 일시적인 순시사고가 발생하였을 시 변전소측의 CB 또는 Recloser가 3~7싸이클 정도에서 고장전류를 차단한 후, 분산전원측의 차단기가 떨어지기 전에 재폐로(수싸이클~수초)하게 된다면 전압위상차에 따른 비교적 큰 전류가 흐르게 되므로 분산전원측에서는 출력/토오크/전류 Oscillations과 발전기 권선/축/수명 등에 손상을 입게 되고, 계통측에서는 이로 인한 전압변동 및 계전기/차단기의 불필요한 동작이 발생한다.

동기기의 경우에는 동기가 맞은 상태에서는 아무런 이상이 없게되나, 양단이 전압의 크기 및 위상차가 일반적으로 각각 $\pm 10\%$ 이상이 되면 기기의 기계적인 축이나 커플링에 손상

을 초래하게 되며, 전기적인 영향으로는 전압강하와 계통의 동요에 의한 주파수 변동을 일으켜 동기탈조현상이 발생될 수 있다.

유도기에서는 자체의 여자력이 없으나 계통분리시에는 과도적인 잔류전압이 존재하여 이 전압의 크기와 위상에 따라 동기기에서와 같은 문제가 발생하게 된다. 그러나 실제의 대부분의 상황에서 잔류전압이 문제가 되지않을 정도로 신속히 감쇄하는 경우가 많으나 경우에 따라서는 위험을 초래하는 경우도 있으며, 경험적으로 재폐로시 기기에 손상을 입히지 않는 유도기의 잔류전압이 크기는 25%이하로 보고되고 있어서 이에 대한 대책으로서는 선로차단기의 재폐로시간을 분산전원측 차단기가 차단할 수 있는 충분한 시간인 1~2초(소규모 용량의 분산전원의 경우 5~10초) 정도로 길게 하여 안전하게 재폐로를 할 수 있도록 하는 것이 좋다.

인버터에 있어서는 전압제어형 자여자(Self-Commutated Excitation)방식의 경우 동기기와 동일한 현상을 일으키나, 전류제어형 자여자(Self-Commutated Excitation)방식의 경우는 재폐로시 순시과전류를 신속히 감지하여 제어를 하기 때문에 문제가 되지 않는다. 따라서 전압제어형의 경우는 전류제한기(Current Limiter)를 설치하여 이를 제한하는 방식이 권장되고 있다. 한편, 타여자(Line-Commutation Excitation)방식의 인버터의 경우에는 DC측 전압의 크기와 파형은 연계선로측 AC측 전압이 변동됨에 따라 자동적으로 변하므로 원리상 비동기될 가능성은 없어서 연계선로의 전압이 1 Hz 이내라도 저하되면 인버터가 정지되고, 다시 전압이 복구되면 정상적으로 운전되기 때문에 어떠한 재폐로에 대하여서도 손상될 우려가 없다.

계통측에서의 전체적인 대책으로서는 선로무전압확인장치나 저전압계전기(27)와의 AND 조건으로 하여 차단기를 재폐로하는 것이 고려될 수 있다.

사) 1선지락사고시의 Grounding과 Transformer Interface

3상4선 다중접지방식의 22.9 kV 배전계통에 있어서 변전소 source에 대하여 1선지락이 발생하게 되면 건전상의 전압 즉, 사고가 나지 않은 상의 전압이 고장전의 전압의 150% 이상으로 되게 된다. 따라서, 이러한 1선지락 사고에 대하여 선로의 전압을 125%~135%로 제한하는 것을 Effective Grounding 또는 Effectively Grounding System 이라고 한다. IEEE의 정의에 따르면, 이 Effective Grounding의 조건은

$$X_1(\text{정상분 리액턴스}) > R_0(\text{영상분 저항})$$

$$3X_1 > X_0(\text{영상분 리액턴스})$$

로 되어 있다.

따라서, 우리나라와 같은 3상4선 다중접지방식의 22.9 kV 배전계통에 상기의 조건을 만족하지 않는 즉, Effective Grounding의 조건을 만족하지 않는 연계상태의 분산전원이 도입되게 되면, 1선지락사고시 변전소측 차단기가 trip하고 나서 분산전원측의 차단기가 trip하기 전까지는 islanding 상태로 되어 최대 173%까지의 과전압이 발생하게 된다. 물론, 이 때 변압기의 포화특성에 의해 어느 정도 작아지기는 하지만 150% 정도까지는 된다. 이 상태가 5초 정도까지 진행하게 되면, 선로의 lightning arrestor는 이 에너지를 견디지 못하고 파괴되어 버리고 만다. 이 때 ground fault overvoltage 계전기에 의해 분산전원측의 차단기를 trip시키면 되지만 trip되기까지는 수 cycles이 걸리게 되어 설비 및 부하가 손상을 입게 된다. 그러므로, 분산전원을 배전계통에 연결하는 변압기의 1차측 중성점을 직접접지시키거나 연계점에 별도의 grounding bank를 둘 필요가 있다. 그러나, 이 때 주의할 점은 이로 인해 1선지락고장전류가 변전소측과 분산전원연계점측으로 각각의 grounding 임피던스비로 분류가 되므로 변전소측에서 감지하는 1선지락고장전류가 작게 되어 변전소측 Ground fault relay가 이를 감지 못하게 되는 현상이 발생한다. 이를 방지하기 위해서는 분산전원측의 grounding 임피던스를 변전소측에서의 감지하는 1선지락고장값이 10%이상 줄지 않는 범위내에서 결정해야 한다. 따라서, 이 때의 연계용 변압기는 Y접지-Y접지 또는 Y접지-Δ가 권장된다.

〈 저 자 소 개 〉



김재언(金在彦)

1959년 7월 17일생. 1982년 한양대 공대 전기공학과 졸업, 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1984년 3월~1997년 1월 한국전기연구소 연구원. 1997년 1월~1998년 8월 한국전기연구소 배전연구팀장. 1996년 일본 교토대 전기공학과 졸업(박사). 배전계통운용, MW급 전지전력저장시스템 설계 및 운용, 분산전원 계통연계 해석 및 운용, 복합에너지시스템, 자율분산배전계통, 전력품질 해석 및 진단, Custom Power Devices 등의 연구분야에 종사. 1995년도 일본 일본전기학회 전력에너지부문대회 우수논문발표대상 수상. 현재, 충북대학교 공과대학 전기전자컴퓨터공학부 조교수.