

계통측에서 본 풍력발전단지 도입에 따른 해결과제 및 대책연구

윤 기갑*, 박상만* 허엽**, 정 상봉**, 김 홍필***, 이 승희****
 *한전 전력연구원 **한국전력공사 ***경일대학교 ****대덕대학

Problem and Solution of Wind Farm based on Distribution Power system

G.G. Yoon*, S.M. Park*, E. Hyu**, S.B. Jung**, H.P. Kim***, S.H. Lee****
 *KEPRI, **KEPCO, ***Kyung Il Univ, ****Dae Duk Univ

Abstract - A dispersed power system means a little bit of small power generation equipment located near the power-demand areas. Due to no power supply line, such a power source is very favorable for the decrease in loss of electric power supply, in comparison to the giantly focused power source. Because of small power source, this power source also corresponds promptly to the variation of power demand. On the basis of energy saving, environmental reservation, and utilization of natural or unused energy, solar power plants can be introduced into the residence section of cities and small water- or wind-power plants near the urban areas. In case of Korea, some wind farm have been introduced into Cheju island. Condensed introduction of several small power sources into an used distribution line may, however, result in a big problem. It is, therefore, necessary that protective-cooperative plans between power quality and distribution line should be introduced for efficient utilization of KEPCO distribution system.

계통 전력계통에 연계하여 운용해야 하기 때문에 전력계통연계에 따른 문제점들을 보완하고 기존 전력계통에 미치는 영향을 분석 할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 풍력발전단지를 구축하여 기존 전력계통과 연계시에 일어날 수 있는 기술적과제와 문제점을 분석하고 그 대책방안을 제시하고자 한다.

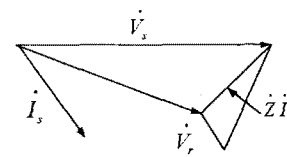
1. 서 론

2. 본 론

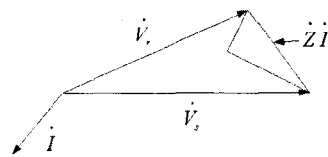
2.1 전압변동

현재의 배전계통은 수지형상(방사상)으로 되어있다. 배전계통에 풍력시스템이 연계되는 경우를 상정해보면 배전계통에서의 전압판리는 변전소로부터 수용가로의 한 방향의 조류만을 고려하여 설계·운용되고 있다. 그러나 풍력발전시스템을 계통에 연계하는 경우에는 역조류가 발생하여 전류의 방향이 통상 생각하고 있는것과 반대로 되어 이에따라 배전선로에서 전압강하의 방향도 역되어 인입점에서의 전압이 상승하여 적정치의 전압범위를 벗어날 수 있다. 적정치를 벗어난 전압변동은 수용가 기기의 오동작이나 파손을 일으킬 가능성이 있으며 동기발전기를 이용하여 연계하는 경우에는 부제동현상등 난조를 일으킬 가능성이 있다. 그림1은 역조류와 전압변동과의 관계를 설명하기 위하여 역조류가 있고, 없음에 따른 벡터도를 나타내고 있다.

풍력발전은 공기의 유동에 의한 운동에너지의 공기역학적 특성을 이용하여 회전자를 회전시켜 기계적에너지로 변환시키고 이 기계적 에너지를 이용하여 전기를 얻는다. 풍력발전기의 주요 구성요소는 날개(blade)와 허브(hub)로 구성된 회전자, 회전을 증속하여 발전기를 구동시키는 증속장치(gear box), 발전기 및 각종 안전장치를 제어하는 제어장치, 유압 브레이크장치와 전력제어장치 및 철탑등으로 구성된다. 풍력발전은 어느곳에서나 산재되어 있는 무공해, 무한정의 바람을 이용하므로 환경에 미치는 영향이 거의 없고 국토를 효율적으로 이용할 수 있으며 대규모 발전단지의 경우에는 발전단지도 기존의 발전방식과 경쟁 가능한 수준의 발전기술이다. 또한 풍력발전 단지의 면적중에서 실제로 이용되는 면적은 풍력발전기의 기초부, 도로, 계측 및 중앙제어실 등으로 전체 단지면적의 1%에 불과하며 나머지 99%의 면적은 목축, 농업 등의 다른 용도로 이용할 수 있다. 우리나라는 70년대 중반부터 10kW급 수준인 시험용 풍력발전기 몇대가 근해 도서지방에 세워졌으나 대부분 관리소홀로 제대로 가동되지 못하고 있으며 업체를 중심으로 연구개발이 활발히 진행되고 있다. 우리나라는 서남해안 지방과 제주도, 대관령, 포항등 몇군데가 자연적 여건이 구비되어 있어 충분히 투자할 가치가 있는 것으로 평가되고 있으며 조만간 대규모의 풍력발전단지가 형성될것으로 생각된다. 그러나 이들 발전시스템은 어떻



가. 역조류가 없는 경우의 벡터도



나. 역조류가 있는 경우의 벡터도

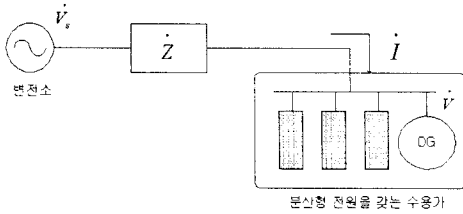


그림1 역조류와 전압변동

2.2 돌입전류

풍력발전설비의 발전기로는 구조가 간단하고 건설한 유도형 발전기가 일반적으로 사용되고 있다. 유도발전기는 발전기 자신에 여자원을 갖고있지 않기 때문에 계통 연계시에 정격전류의 7~8배의 돌입전류가 흘러 수백 kVA 정도의 발전기용량의 돌입전류는 수백 암페어에 달하기 때문에 이 전류에 의한 순시전압의 저하는 무시하기 어렵다. 따라서 전력계통에 연계되는 유도발전기에 대해서 돌입전류와 이것에 의한 배전선의 전압저하의 해석 및 그억제 대책의 검토는 중요하다. 돌입전류를 억제하는 수단으로서 일반적으로 한류리액터에 의한 방법과 역병렬 사이리스터를 사용한 소프트 스타트 방식이 있다.

한류리액터에 의한 돌입전류 억제대책은 장치가 간단하고 값이 싸기 때문에 풍력발전설비 개발 초기부터 자주 사용되고 있다. 이것은 리액터를 계통에 연계하여 정상상태에서 리액터를 바이패스하는 방식이다.

유도발전기의 1차전압이 작으면 1차전류도 작게되기 때문에 계통연계시의 돌입전류 억제책으로 역병렬 사이리스터의 위상각제어에 의해 돌입전류를 억제하는 방식이 소프트 스타트 방식이다. 이 방식은 돌입전류의 억제 효과는 대단히 크며 돌입전류는 정격전류의 실효치에 대해 약 2배의 크기로 제어되며 전류의 크기는 사이리스터의 위상각 제어를 크게하면 더 전류를 적게 억제하는 것이 가능하지만 이 경우 전기적 출력에 적게되기 때문에 기계적인 코크와외 바란스가 파괴되고 과회전을 일으킬 가능성이 있기 때문에 정격전류의 1.2~1.5배 정도에서 전류를 억제하는 제어를 할 필요가 있다.

2.3 보호협조

선로에 사고가 발생하면 사고전류의 대부분이 전력계통으로부터 유입되고 분산전원측에서는 미소한 전류가 흐르게 된다. 따라서 변전소의 배전선로의 인출 차단기나 많은 사고전류가 통과되는 리크로저(R/C)는 신속히 동작하게 되나 분산전원측 차단기는 사고전류가 크지 않아 동작이 지연될 수 있다. 이렇게 되는 경우 사고자체는 순간사고 일지라도 분산전원으로부터 사고점에 전압이 인가되어 전류가 계속하여 흐르므로 사고가 지연소멸되지 않아 배전선로를 재폐로하는 경우 재폐로는 실패하게 된다. 이러한 문제는 분산전원의 종류가 자여자식 전원인 경우에 발생하게 되며 배전선로가 차단되었을 때 전압을 유지할 수 없는 타여자식 전원인 경우에는 문제가 되지 않는다 선로의 자동재폐로시 무전압시간은 22.9kV의 경우 3상단락시 약 0.2(sec), 1선지락시 약 0.4(sec)이상의 재폐로 무전압시간이 필요하다.

현재 우리나라의 22.9(kV)특고압 배전선의 경우는 재폐로시간 0.5(sec)의 고속 재폐로 1회를 먼저 실시하고 재차 다시 차단되었을 때에는 15(sec)의 저속재폐로

를 1회를 더 시행하여 총 2회 재폐로를 시도할 수 있다. 여기서 분산전원측의 차단이 늦어지면 늦어지는 만큼 실제로 선로가 무전압되는 시간이 줄어들어 1선 지락사고시 저속재폐로시에는 시간여유가 많아 문제로 되지 않지만 고속 재폐로시에는 여유시간이 0.1(sec)밖에 되지않아 인출차단기와 분산전원의 분리가 거의 동시에 이루어질 때에만 재폐로 성공을 기대할 수 있다.

선로도중에 설치되는 리크로저(R/C)는 재폐로 시간을 최저 2(sec)에서 저속은 그이상 임의의 값으로 선택하여 재폐로를 4회까지 할수 있도록 되어있다. 따라서 2(sec)의 경우 약 1.6(sec)의 여유시간이 있어 그시간 내에 분산전원이 차단된다면 재폐로 성공을 기대할 수 있다. 그러나 이 정도의 여유시간내에 분산전원이 차단분리 되는지 여부에 따라 재폐로 성공이 결정되므로 재폐로 성공에 대한 불확실성이 증가되는 문제점이 있다.

이에대한 대책방안으로 전송차단방식을 채용하는 방법이 있다. 이 방식은 변전소 인출차단기 또는 리크로저(R/C)가 차단 또는 개방될 때에 신호를 전송하여 분산전원도 동시에 차단 분리될 수 있도록 하는 방안으로서 가장 바람직한 방안중의 하나이다. 그러나 이 방법은 신호 전송용 채널과 부속장치시설 및 유지, 보수를 위한 비용이 추가로 필요하게 되며 또한 차단기 또는 R/C를 여러개 거친 지점에 연계된 분산전원인 경우에는 시설투자도 증가하게되고 시스템이 복잡해지는 등 현실적인 어려움이 있고 신뢰도도 저하되어 적용이 곤란해 질 수 있다.

2.4 비동기 투입

차단기 및 리크로저의 재폐로시 분산전원이 발전중에 있으면 그의 전압이 전력계통측의 전압과 동기가 맞아야 한다. 그렇지 않으면 재투입시간 큰 전압강하 또는 주파수 변동을 일으키고 심한 경우 탈조현상이 나타나며 기계적으로는 전원장치의 회전축에 큰 비틀림 충격이 발생되어 물리적인 손상이 발생되고 수명 감축의 원인이 된다. 이론적으로는 동기발전기의 경우 양전압의 크기가 10%이상 또는 양전압의 위상각차가 +5° 이상이면 발전기의 기계적인 축이나 커플링에 무리를 초래할 가능성이 있는 것으로 되어 있다. 그러나 실제로는 발전기용량이 큰 경우에 그의 영향이 크지만 소용량의 경우는 용량이 큰 기기에 비하여 회전축의 규격이 상대적으로 여유가 있게 제작되므로 나타나는 충격이 경미하여 특별한 고려가 없어도 문제가 없으며 통상적으로 수십kW이하의 발전기에 대하여는 이러한 영향이 문제로 되지는 않는다.

이러한 문제에 대한 대책으로 원칙적으로 분산전원 발전기의 기계적 강도의 여유도와 소유자의 선택에 달려 있다. 즉 발전기 회전축의 강도가 약하여 비동기 투입시 문제가 예상되는 경우는 개폐기류에는 동기검정장치를 설치하여 동기가 맞는 상태에서만 투입을 허용하거나, 전송차단방식을 채용하여 자동재폐로를 실시하는 차단기 또는 R/C와 분산전원을 동시에 차단하여야 한다. 한편, 부득이한 경우 배전선로 자동재폐로 적용을 폐지하는 방안도 있는데 동일선로로 공급받는 일반부하에 대한 전력공급 신뢰도가 저하되거나 고장복구에 어려움이 가중되는 등의 운용상의 문제점이 있으며 단독선로인 경우나 또는 선로 대부분이 지중선로인 경우에 적용할 수 있는 방법이다. 일반적으로 단위용량 1,000(kW)이상인 경우 비동기투입 방지장치를 설치하고 1,000(kW)미만의 경우 비동기투입을 허용하되 분산전원 발전기의 기계적 조건에 의하여 문제가 예상되는 경우엔 정밀한 분석을 통하여 대책을 결정하는 것이 바람직하다.

2.5 단독운전

단독운전이란 발전설비가 연계하고있는 전력계통이 사

고동에 의해서 계통전원과 절분된 상태에서 연계하고 있는 발전설비의 운전만으로 발전을 계속하여 국소적으로 선로부하에 전력을 공급하고 있는 상태를 나타낸다. 단, 돌출전압이 리크로저 S/E에 미치는 영향으로 일반적으로 R/C를 통하여 흐르는 전류가 R/C의 최소동작전류보다 크면 일정한 동작시간 특성에 의하여 회로를 차단하고 주어진 일정시간 후에는 선로를 다시 재가압한다. 차단 동작시 동작시간 특성은 고장의 종류, R/C 설치위치, 순시 및 지연차단에 따라 다른특성이 적용된다. 그리고 재폐로 시간은 순시~45(sec)중 임의로 선택 사용할 수 있으며 현재 적용되는 기준은 순시 차단시 2(sec), 지연차단시 15(sec)를 적용하고 있다. 순시차단은 일시적인 사고일 경우 재폐로 성공을 기대하여 적용되고, 지연차단은 전,후위 R/C 또는 다른 보호장치와 동작협조를 이루고 사고가 퓨즈 이후에서 발생된 경우 앞의 순시차단-순시재폐로 과정에서 자동제거되지 않았을 때(영구사고를 의미함)에 퓨즈에 의하여 사고구간이 차단되도록하여 영구정전 범위를 최소화하기 위함이다. R/C는 전원측으로부터 선로가 가압된 후에야 동작전원이 공급되어 작동되게 한다.

3. 결 론

풍력발전시스템은 대부분 어떤식으로든 연계를 목적으로 설치되기 때문에 위에서 언급한 여러가지 사항을 검토하여 연계해야 하며 풍력발전시스템이 배전선에 연계됨으로 인한 일반적인 현상으로는 사고시 선로차단기의 차단시간이 다소 길어질수 있으며 선로차단기 차단후에도 풍력발전시스템측의 차단이 지연되는 경우 사고는 지속되어 자동재폐로시에 실패확율이 높아진다. 또한 선로 차단기(C/B, R/E)자동 재폐로시 풍력발전시스템 비동기 투입되어 회전체의 축(Shaft)에 손상이 발생할 수 있으며, 회전형 발전기의 풍력발전시스템으로서 시설용량이 1,000[kW] 이상인 경우에는 여러 가지 영향이 나타날 수있어 개별 검토를 거친후 시설하여야 한다. 이후의 과제로는 이러한 고려사항을 토대로 도입될 모델을 선정하여 모의실험을 통하여 풍력단지개발시 일어날 수 있는 문제점을 보완해나갈 계획이다.

[참 고 문 헌]

- [1] "자가용발전기 병렬연계선로 보호방식에 관한 연구" 한전 기술연구원 최종연구보고서 1985.4
- [2] "계통연계운전형 신에너지전원의 표준화 및 보급체제 정비" 한전전력연구원 최종연구보고서 2000.12
- [3] "特集 分散型電源 最新動向 將來展望" 日本 OHM社 2000.12
- [4] "風力發電 Q&A" 日本 OHM社 2000.2
- [5] 電氣技術基準調査委員會, "分散形電源系統連繫指針" 日本電氣協會, 1994.1
- [6] "배전보호기술서" 한국전력공사 배전처 1995