

제주 성산 S/S MTr #1 행원 풍력단지 전압해석

김상준, 조민호, 윤기갑, 장상옥, 안정식
한전전력연구원 전력계통연구실

A study on the Voltage analysis of Sung-san S/S MTr #1 Hang-won wind farm

Sang-Jun Kim, Min-Ho Cho, Gi-Gab Yoon, Sang-Ok Jang, Jeong-Shik Ahn
KEPRI Power System Lab.

Abstract - 본 논문에서는 분산전원이 기존의 배전계통상에 도입되는 경우에 대하여 전압변동해석을 수행하기 위하여, 풍력발전단지가 도입된 제주 성산 변전소를 선정하여 MATLAB 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행하고 전압변동상황을 예측, 이에 따른 문제점과 그에 대한 대책을 제시하도록 할 것이다.

1. 서 론

현재의 전력 환경은 산업의 발전과 함께 전력의 수요가 증가하고, 다양하고 민감한 부하가 등장함으로써 고품질의 전력 공급이 요구되고 있다. 이에 따라 환경문제나 건설상의 많은 문제점을 가지고 있는 대규모 발전소를 대신해 분산전원(Distributed Generation)에 대한 관심과 중요성이 커지고 있다. 그러나 기존의 배전계통상에 분산전원이 도입됨에 따라서 여러 가지 문제점이 발생할 수 있으며, 계통의 원활한 운영을 위해서는 먼저 이러한 문제들에 대한 분석이 있어야 할 것이다.

그러나, 분산전원이 도입된 배전계통은 기존의 부하만이 존재하는 배전계통과는 달리 부하와 전원이 혼재되어 운용되는 형태로 되기 때문에 기존 배전계통의 전력품질에 좋지 않은 영향을 끼치게 된다. 이 경우 계통의 적절한 전압관리를 위해 배전계통 전압해석을 수행할 필요가 있다.

한편, 대체에너지전원이 기존의 배전계통에 도입될 경우, 주파수, 고조파, 전압의 전력품질에 영향을 끼치게 되는 데, 주파수의 경우는 대체에너지전원의 계통동기운 전기능으로, 고조파의 경우는 필터기능으로 각각 대처할 수 있어 문제가 없다. 그러나 전압의 경우는 분산전원의 운전역률과 도입량에 따라 배전선로의 전압변동에 끼치는 영향이 크게 되어, 결국 수용가는 적정전압범위의 전압을 공급받지 못하게 된다.

따라서 본 논문에서는 분산전원이 기존의 배전계통상에 도입되는 경우에 대하여 전압변동해석을 수행하기 위하여, 풍력발전단지가 도입된 제주 성산 변전소를 선정하여 MATLAB 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행하고 전압변동상황을 예측, 이에 따른 문제점과 그에 대한 대책을 제시하도록 할 것이다.

2. 본 론

2.1 계통분석 및 조건

분석 대상인 제주 성산 변전소는 MTr #1, #2 두 개의 주변압기로 구성되어 있으며, 여기서는 풍력발전단지가 도입되는 MTr #1에 대해서만 고려하기로 한다.

MTr #1에는 성산, 정의, 송당, 신평, 온평의 5개의 피더(D/L)가 연결되어 있으며, 주변압기 직하에 행원전용선로를 통하여 총 9795kW의 풍력발전단지가 도입되었다.

(1) 계통 데이터

- MTr 2차측 전압 : 중부하시 23.04kV
경부하시 23.01kV

- 최대/최소 전력 : 최대 38.7MW + 15.2MVAr
최소 18.2MW + 6.5MVAr

(2) 주변압기 데이터

- 용량 : 45/60 MVA
- 임피던스 : 14.45 %
- 전압조정장치 : DVM(Digital Voltmeter), AVR 사용 않음.
- 변압기 운전 허용 범위 : 23.36kV ~ 23.01kV (1.02 ~ 1.004 p.u.)

(3) 풍력단지 데이터

- 행원풍력 전용 선로 : 24km / OC-W 100SQ
- 설비 발전 용량 : 9795 kW
- 풍력발전설비 운전조건
발전출력 : 100%(9795kW) / 50% / 25%
- 운전역률 : 0.99 (역률보상시) / 0.91~0.71(역률보상없음)

(4) 선종에 따른 선로 임피던스

선종 / 굵기(SQ)	R (Ω/km)	X (Ω/km)
CNCV 325	0.0939	0.1492
ACSR	58	0.497
	95	0.304
	160	0.182
OC-W	38	0.502
	60	0.313
	100	0.185

※ AWOC, ALOC는 ACSR 임피던스값을 적용한다.

2.2 전압변동해석 및 결과

(1) 결과 그래프

1. 풍력발전 미도입시

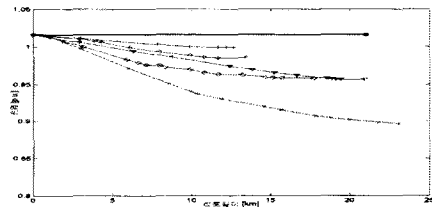


그림1 중부하시(풍력발전 미도입 시)

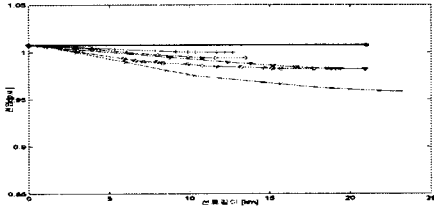


그림2 경부하시(풍력발전 미도입 시)

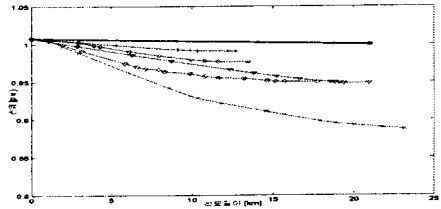


그림7 진상역률 .091

2. 중부하

a. 100% 출력시

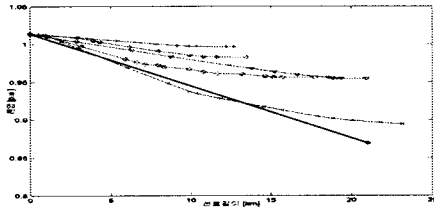


그림3 진상역률 0.71

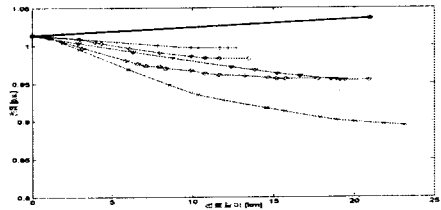


그림8 진상역률 0.99

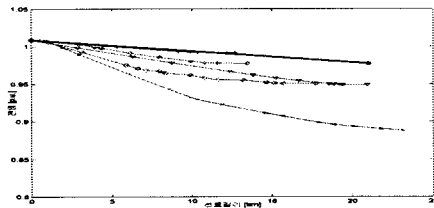


그림4 진상역률 0.91

3. 경부하

a. 100% 출력

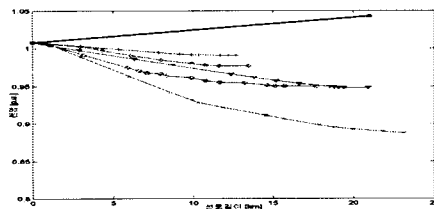


그림5 진상역률 0.99

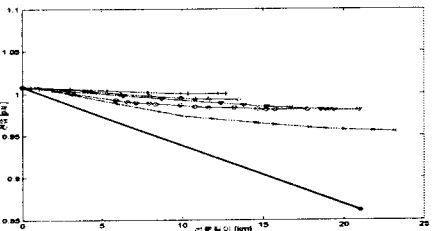


그림9 진상역률 0.71

b. 50% 출력

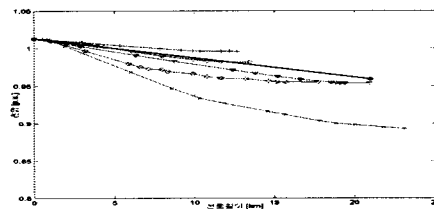


그림6 진상역률 0.71

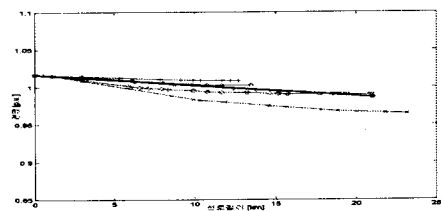


그림10 진상역률 0.91

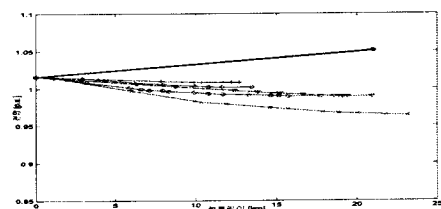


그림 11 진상역률 0.99

b. 50% 출력

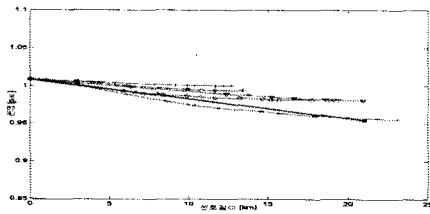


그림12 전상역률 0.71

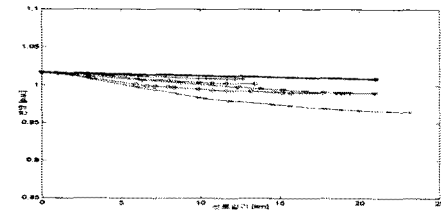


그림 13 전상역률 0.91

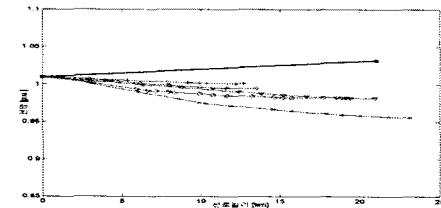


그림14 전상역률 0.99

나타나지 않는 편임을 알 수 있다. 이것은 여타 일반적인 배전계통들과는 달리, 제주 성산 변전소의 변압기 조정체계가 기존의 LDC방식에 DVM(Digital Voltmeter)를 이용하여 변압기 Tap 동작의 상/하한선을 고정시키는 방식을 동시에 사용하고, 풍력발전단지의 도입에 따른 전압 변동에 관계없이 항상 송출전압을 일정 범위안으로 유지시키도록 운전하고 있기 때문이다.

이러한 방식 하에서 오히려 문제가 되는 것은 풍력발전단지가 연결된 전용선로 자체이며, 전용선로상에 연결된 부하가 있다면 풍력단지의 운전방식에 따라 전압에 큰 변동이 나타나게 된다. 이에 대한 대책으로는 풍력발전단지를 출력에 관계없이 전상 0.91의 역률로 운전하여 전용선로 전압을 적정범위 안으로 유지시키도록 하는 것이다.

또한, 변압기 Tap의 운전 자체가 동작가능범위를 미리 고정시키고 그 범위 안에서만 동작하도록 하는 방식이기 때문에, 계통상의 부하 변동에 대해서는 유동적으로 대처하기가 힘든 단점을 가지고 있다. 만약 배전계통상에 부하량이 증가하여 송출전압이 낮아진다면 LDC 방식에 의해서 이를 보상하기 위해 Tap이 동작, 송출전압을 높여줘야 함에도 불구하고 지정된 범위 이상으로 Tap을 동작시키지 못하게 되어 배전계통상의 수용가에 저전압이 발생할 수도 있다. 이에 대한 대책으로는 변압기 Tap의 운전가능범위를 좀 더 넓게하여 배전계통의 부하변동에 대해 유동적이고 효율적으로 대처할 수 있도록 해 줄 필요가 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEEE Std. 519
- [2] "풍력발전 계통연계 기술지침 및 연계선로 운영기준 제정에 관한 연구" 중간보고서, 산업자원부, 2003
- [3] 풍력발전 규정 JEAC 5005-2001, 일본전기협회

결과 데이터

중부하시	송출전압	성산	정의	송당	신풍	은평	행원(풍력)	
풍력단지도입시	1.0159	0.95844	0.89684	0.95678	0.9989	0.98488	1.0159	
출력 100%	pf = 0.71	1.0136	0.95606	0.89424	0.9544	0.99662	0.98257	0.86932
	pf = 0.91	1.0084	0.95053	0.88819	0.94884	0.99134	0.97721	0.97704
	pf = 0.99	1.008	0.95001	0.88762	0.94832	0.99085	0.9767	1.0426
출력 50%	pf = 0.71	1.0128	0.95516	0.89325	0.95348	0.99576	0.98169	0.95905
	pf = 0.91	1.0077	0.94971	0.8873	0.94802	0.99056	0.97641	0.99825
	pf = 0.99	1.0137	0.95608	0.89426	0.95442	0.99664	0.98259	1.0359
경부하시	송출전압	성산	정의	송당	신풍	은평	행원(풍력)	
풍력단지도입시	1.0122	0.98555	0.95964	0.98503	1.0042	0.99767	1.0122	
출력 100%	pf = 0.71	1.0079	0.98106	0.95502	0.98054	0.99975	0.99324	0.86153
	pf = 0.91	1.0166	0.99003	0.96426	0.98951	1.0086	1.0021	0.98596
	pf = 0.99	1.016	0.98939	0.9636	0.98887	1.0079	1.0015	1.0507
출력 50%	pf = 0.71	1.0083	0.98146	0.95543	0.98093	1.0001	0.99363	0.95417
	pf = 0.91	1.0166	0.99002	0.96425	0.9895	1.0085	1.0021	1.0084
	pf = 0.99	1.0092	0.9824	0.9564	0.98188	1.0011	0.99456	1.0314

3. 결 론

제주 성산 변전소 MTr #1 직하에 전용선로를 통해 풍력발전단지가 도입되는 경우에 대하여 시뮬레이션 결과값 및 전압변동 그래프를 살펴보면, 풍력발전단지의 도입으로 인한 기존 배전계통 D/L에 대한 영향은 크게