

분산전원이 연계된 배전계통에서의 전압품질 검출에 관한 연구

이봉이, 김재철, 정승복
 송실대학교 전기공학과

A Study on Power Quality Detection Method of Utility interconnected Distributed Generation

B. Y. Lee , J. C. Kim , S. B. Jung
 Soongsil University

Abstract - This paper studies power quality problem of utility interconnected distributed generation. Recently, electronic devices that are sensitive to power quality have been increasing. Both utility and customer are interested in power quality problem. Therefore, we studied an effect of utility power quality caused by distributed generation. We detect and analysis voltage sag which is one of power quality indicator. Also, we used Matlab to simulate power quality problem.

에 의해 발생한다. 그림 1은 voltage sag, voltage swell, interruption이 발생했을 때의 전압 파형의 변화를 보여 준다[4].

1. 서 론

최근 전력소비는 증가하고 있지만 환경문제, 부지확보 문제로 인한 대형 발전 설비의 확충이 어렵고, 전력산업 구조개편으로 인해 분산전원의 도입이 적극 검토되고 있다. 또한 분산전원은 그 운용에 있어서 전력계통과 연계하여 운전될 때 수용가 측면에서는 보다 안정된 전력을 확보할 수 있고, 전기사업자 측면에서는 전력설비의 효율성을 높일 수 있다는 장점이 있어 연계 운전하는 것이 바람직하다. 하지만 분산전원을 계통에 연계할 경우 보호협조, 단독운전, 전력품질의 문제가 발생할 수 있다. 이 중 전력품질의 문제는 전압품질의 문제와 주파수 품질의 문제로 나눌 수 있는데 최근 단시간 작은 전압변화에도 오동작을 일으키는 민감한 기기들의 발달로 인해서 전압품질의 문제가 중요한 문제로 떠오르고 있으며, 전압품질의 문제를 고려하지 않을 경우 경제적 손실을 초래할 수 있다.

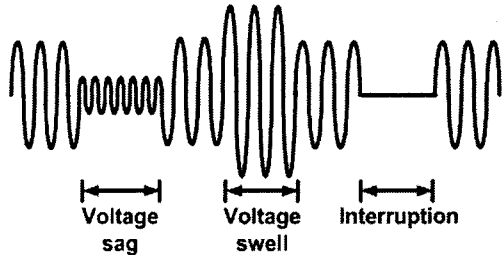


그림 1. 전압품질 event 발생시 전압 파형의 변화

본 논문에서는 연계 운전시 전압품질문제에 대하여 연구하였다. 특히 Voltage Sag에 대한 검출을 하는데 있어 1cycle당 샘플수와 전압 계산 횟수, monitoring 방법상의 변화를 통해서 전압품질 검출에 어떤 영향이 있는지에 대해서 연구하였다. 또한 matlab를 이용하여 시뮬레이션 하였다.

2.1.2 전압 품질 평가 기준

정보화 기기의 발달로 전압 품질에 민감한 기기들이 많이 생겨나면서 점차 전력품질에 대한 관심이 고조되고 있다. 전압 품질을 평가하는 각 지수를 나누는 기준은 국가 및 기관에 따라서 약간의 차이가 있다. 본 논문에서는 IEEE std. 1159-1995를 기준으로 하여 전압 품질 event를 검출하고 분류하였다[1,2].

2. 본 론

2.1 전압 품질 문제

2.1.1 전압 품질 event

전압 품질 event에는 transient, voltage sag, voltage swell, interruption 등이 있다. transient는 전압의 과도 현상을 말하며, 매우 짧은 시간 동안 변동하므로 기기에 미치는 영향이 거의 없다. 하지만 voltage sag 및 swell은 전압이 일정 기간 이상 동안 강하하거나 상승하여 전력 품질에 민감한 기기에 손상을 줄 수 있다. 일반적으로 voltage sag는 계통에서 인근선로의 순간사고 및 유도발전기의 기동에 따라 발생된다. voltage swell은 1선 지락 사고에 의해 많이 발생되며, 두 건전상의 전압이 상승하는 현상을 말한다. interruption은 순간정전을 의미하며 주로 가로수, 동물, 낙뢰 등과 같은 자연적인 현상

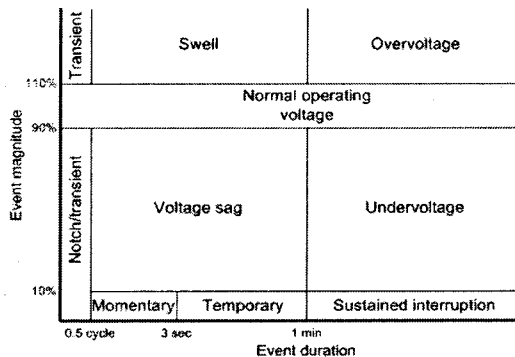


그림 2. IEEE 1159-1995에 따른 전압품질 event의 정의

2.1.3 전압품질이 기기에 미치는 영향

다음 그림 3은 순간전압강하의 크기와 기간에 대한 부하장비들의 영향을 나타낸 것이다. 대부분의 부하 장비들은 순간전압강하가 0.2초를 지속할 경우에는 오동작을 일으킬 위험이 있다. 특히 전자 스위치의 경우에는 0.01초 정도의 순간전압강하도 오동작을 일으킬 수 있을 만큼 민감한 부하장비이다[6].

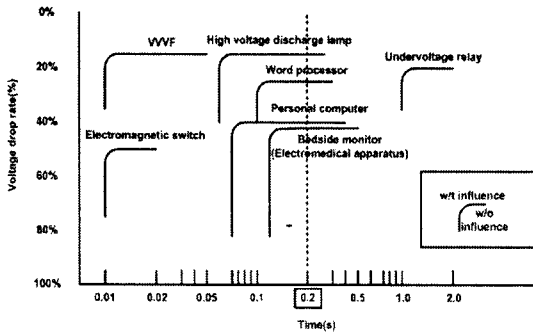


그림 3. 부하 장비들의 순간전압강하에 대한 영향

2.1.4 분산전원을 배전계통에 연계 운전시 전압품질에 미치는 영향

분산전원을 계통에 연계시 전력품질의 문제가 발생할 수 있다. 경제성을 이유로 유도발전기를 사용할 경우 기동시 무효투입전류가 흘러 계통에 순시전압변동이 발생할 수 있다. 태양광, 풍력발전, BESS와 같이 인버터를 가지고 있는 분산전원의 경우에 계통의 전류를 왜곡시켜 고조파를 발생하도록 한다. 또한 분산전원으로 인한 보호기기의 동작으로 순시정전 및 순간전압강하를 일으킬 수도 있다. 따라서 분산전원을 계통에 연계하기 위해서는 먼저 이런 전력품질에 대한 연구가 선행되어야 한다.

2.2 전압품질 event 검출

2.2.1 전압 RMS값의 계산 방법

본 논문에서는 전압 품질 event를 검출하기 위한 전압의 rms값을 계산하기 위해 moving window method를 사용하였다. 이 방법은 시간에 따른 전압 $v(t)$ 의 rms값을 계산하는데 주로 이용된다. 그림 3은 moving window method를 표현한 것으로 N 은 한 주기동안의 샘플링 횟수, h 는 rms값 계산을 위해서 다음 window까지의 이동된 샘플링 횟수를 나타낸다.

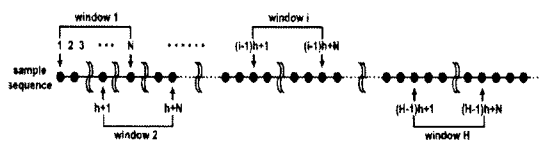


그림 3. $v(t)$ 의 RMS값을 찾기 위한 moving window method

그림 3에서 i 번째 window의 전압 rms값은 식(1)에 의해 계산된다[3].

$$v_{rms}(t) \equiv v_{rms}[i] = \sqrt{\frac{\sum_{m=(i-1)h+1}^{(i-1)h+N} V^2[m]}{N}} \quad i=1, 2, \dots, H \quad (1)$$

2.2.2 전압품질 event 검출 알고리즘

그림 4는 전압 품질 event를 검출하기 위한 알고리즘을 나타낸다.

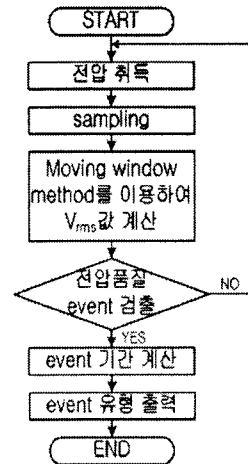


그림 4. 전압 품질 event 검출 알고리즘

2.2.3 IQF 기법

본 논문에서는 결과의 정확성을 높이기 위하여 IQF 기법을 적용하였다. IQF 기법은 그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이 어떤 event가 시작 될 때에는 std.를 기준으로 정하고, event가 끝나는 지점은 std.를 약간 벗어난 지점을 기준으로 함으로써 event 사이에 짧은 기간의 과도현상은 event에 포함되도록 하는 기법이다[5].

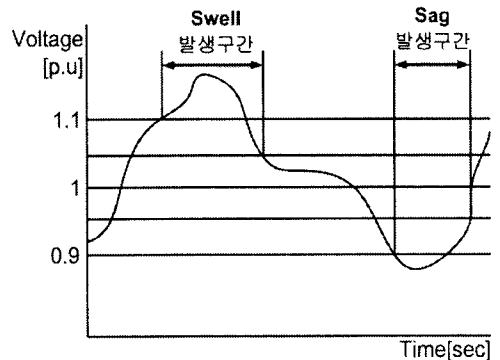


그림 5. IQF 기법

2.3 Voltage sag 모의 및 검출

2.3.1 Voltage sag 모의

본 논문에서는 voltage sag와 sag의 크기, 지속시간을 모니터링하기 위해 matlab을 이용하여 시뮬레이션 하였다. case1~case7은 0.3[p.u.]의 크기를 가지고 지속시간이 0.2초인 sag 파형을 모의하였으며, case8~case14는 최대값이 1.4[p.u.]와 1.8[p.u.]를 반복하여 요동하는 파형을 모의하였다. 마지막으로 case15~case21은 최대값이 voltage sag 범위인 0.8[p.u.]와 voltage sag의 범위 밖에 있는 0.92[p.u.]를 넘나드는 파형을 모의하였다. 각 case는 한 주기 동안의 sampling 횟수와 moving window method를 이용하여 V_{rms} 값 계산시 h 를 변화시켜 가면서 모의하였다. 각 case별 simulation 데이터는 표 1과 같다.

표1. Voltage sag 검출을 위한 simulation 데이터

case	모의 파형	sag 지속시간 [sec]	sag _{rms} 크기 [p.u]	h	sampling 횟수
case1		0.2	0.3	10	32
case2		0.2	0.3	10	64
case3		0.2	0.3	10	128
case4		0.2	0.3	10	256
case5		0.2	0.3	5	256
case6		0.2	0.3	15	256
case7		0.2	0.3	30	256
case8		0.2	0.5	10	32
case9		0.2	0.5	10	64
case10		0.2	0.5	10	128
case11		0.2	0.5	10	256
case12		0.2	0.5	5	256
case13		0.2	0.5	15	256
case14		0.2	0.5	30	256
case15		0.2	0.6	10	32
case16		0.2	0.6	10	64
case17		0.2	0.6	10	128
case18		0.2	0.6	10	256
case19		0.2	0.6	5	256
case20		0.2	0.6	15	256
case21		0.2	0.6	30	256

2.3.2 Voltage sag 검출 및 분석 결과

표 2는 voltage sag를 검출하고 분석한 결과를 나타낸다.

표2. voltage sag의 크기와 지속시간 검출 결과

case	sag 지속시간 [sec]	sag _{rms} 크기 [p.u]
case1	0.2643	0.1917
case2	0.2622	0.1917
case3	0.2611	0.1917
case4	0.2619	0.1923
case5	0.2619	0.1923
case6	0.2619	0.1923
case7	0.2616	0.1911
case8	0.554	0.1812
case9	0.5525	0.1865
case10	0.5496	0.1852
case11	0.5485	0.1852
case12	0.5485	0.1852
case13	0.5487	0.1855
case14	0.5482	0.1845
case15	0.4894	0.1344
case16	0.4853	0.137
case17	0.4832	0.1396
case18	0.4823	0.1396
case19	0.4822	0.1402
case20	0.4822	0.1406
case21	0.4823	0.1396

표 2에서 보면 case 15~case21까지의 결과가 오차가 매우 심한 것을 볼 수 있는데, 이는 voltage sag 중간에 0.92[p.u]의 크기를 가지는 파형을 3cycle동안 투입하여 이 기간에 voltage sag의 범위를 넘게 되어 sag의 기간이 짧게 나오고 그 크기도 작게 나왔다. 따라서 본 논문에서는 이러한 점을 수정하기 위해 Indicateur de Qualite de fourniture(IQF)기법을 적용하였다.

표 3은 IQF 기법을 이용하여 case 15~case 21까지를 모의한 결과이다. 표에서 볼 수 있듯이 IQF 기법을 이용하면 voltage sag 중간에 sag 기준에서 벗어나는 신호가 섞여 있을 경우에도 sag의 기간과 크기를 검출할 수 있었다.

표 3. IQF 기법을 이용하여 모의한 결과

case	sag 지속시간 [sec]	sag _{rms} 크기 [p.u]
case15	0.6525	0.1844
case16	0.6471	0.187
case17	0.6443	0.1896
case18	0.643	0.1896
case19	0.6429	0.1902
case20	0.6429	0.1906
case21	0.643	0.1896

3. 결 론

본 논문에서는 moving window method를 이용하여 voltage sag를 검출하고 분석하는 기법에 대해서 연구하였다. 데이터를 처리하고 분석하는 데 있어 데이터 처리량을 줄이는 일은 속도와 메모리 측면에 있어서 매우 중요하다. 본 논문에서 이용한 moving window method는 sampling 할 때마다 계산하지 않아도 된다. 따라서 계산량을 줄이면서 짧은 과도현상을 모니터링 할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는 이동sampling수 h와 샘플링 간격을 변화시켜 가면서 모의 하였으며, sampling수가 256 일 때와 h가 10일 때 가장 정확한 결과를 얻을 수 있었다. sampling 수가 많아지면 많아질 수록 결과는 정확해 지지만 계산 시간이 많이 걸리고, 메모리를 많이 차지한다. 따라서 적절한 샘플링 수를 찾는 것이 매우 중요한데, h를 적절히 조절하면 적은 샘플링으로도 만족할만한 결과를 얻을 수 있다. 또한 본 논문에서는 논문의 정확도를 높이기 위한 방안으로 IQF 기법을 적용하였다.

감사의 글

본 연구는 전력산업 기반기금 지원(R-2003-0-231)에 의하여 수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- [1] "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", June 1995
- [2] H.J. Bollen, "Understanding Power Quality Problems", IEEE PRESS,
- [3] C.J. Wu, T.H. Fu, "Effective voltage flicker calculation algorithm using indirect demodulation method", IEE Proceedings, Vol. 150, No. 4, pp.493-500, July 2003
- [4] B.W. Kennedy, "Power Quality Primer", McGraw-Hill
- [5] J. Arrillage, N.R. Watson, "Power System Quality Assessment", JOHN WILEY&SON
- [6] Kunio Matsushita, Yoshihiko Matsuura et al. "Study for the Performance of High Speed Switchgear for Protection of In-House Generation System", Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference, pp 91-95, May 1996