

분산형전원의 배전계통 연계시 사고해석 알고리즘에 관한 연구

윤석주, 전재연, 유희권, 노대석
한국기술교육대학교

e-mail: dsrho@kut.ac.kr, seakjoo81@nate.com
jayunara@kut.ac.kr

A Study on the Fault Analysis Algorithm for Dispersed Sources in Distribution Systems

Seokjoo Yoon, Jaeyeon Jun, heekwon Ryu, Daeseok Rho
Korea University of Technology and Education

요 약

최근 생활수준의 향상과 정보통신산업의 급속한 발전으로 인하여, 정보통신 기기 및 정밀제어 기기의 보급증가로 전압품질에 관한 관심이 높아져가고 있다. 특히, 전압품질에 민감한 수용가(산업체, 공장, 상가, 정보산업관련빌딩 등)의 전기피해 보상 요구 등이 증가되고 있는 추세이다. 특히, 21세기는 정보화 사회가 본격적으로 진전되기 때문에 전압품질에 대한 일반수용가의 반응은 상당히 민감하다. 따라서, 정부의 대체에너지 개발사업의 성공적인 결과에 힘입어, 이제 바야흐로 대체에너지전원이 보급 및 확대가 이루어져야 할 현재의 시점에 있어서, 일정 수준의 전압 품질을 유지하면서, 개발된 대체 에너지전원을 기존의 배전계통에 도입·보급해 나아갈 수 있는 기술의 개발은 상당히 중요하다고 할 수 있다. 분산형전원이 도입된 배전계통은 기존의 부하만이 존재하는 배전계통과는 달리, 부하와 전원이 혼재되어 운용되는 형태로 되기 때문에 분산전원의 연계에 따라 발생이 예상되는 문제점을 검토, 분석할 수 있는 분산전원 배전계통연계용 해석 프로그램이 요구되고 있다. 따라서 본 논문에서는 분산전원이 배전계통에 연계되어 운용되는 경우, 사고시에 발생할 수 있는 현상을 분석하는 해석 알고리즘을 제시하였다.

1. 서 론

우리나라에서는 분산전원의 도입 시 배전계통에 끼치는 영향과 문제점에 대한 구체적인 분석과 평가 없이, 분산전원의 배전계통 도입과 운용이 이루어지고 있어서 배전계통의 전압관리나 전력품질 등의 계통 운용상의 문제점이 야기될 가능성이 높아지고 있다. 또한, 대규모 분산형전원의 단지가 연계되는 배전계통에서는 이들 문제점으로 인하여 일반수용가의 민원이 일어날 소지가 높다. 일반적으로 분산전원이 계통에 연계되는 경우, 공급신뢰도 및 전력품질의 면에서 다른 수용가에 악영향을 끼치지 않도록 기술요건의 검토를 실시하여야 하는 데, 이들에 대한 검토는 지금까지 배전계통과 분산전원에 대한 전문가만이 수행할 수 있었다. 또한, 전문가라 할지라도 구체적인 분석과 평가를 위해서는 각종 데이터의 수집이나 전문적인 S/W의 사용법을 숙지해야하는 한계성이 존재하였다. 따라서 본 논문에서는 분산전원이 배전계통에 연계되어 운용되는 경우, 사고시에 발생할 수 있는 기술적인 항목을 검토할 수 있는 분산전원의 배전계통 연계용 사고해석 알고리즘을 개발하였다.

2. 사고해석 알고리즘

고장전류를 해석하기 위해 필요한 발전기의 기본식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{V}_0 &= -\dot{Z}_0 \dot{I}_0 \\ \dot{V}_1 &= \dot{E}_a - \dot{Z}_1 \dot{I}_1 \\ \dot{V}_2 &= -\dot{Z}_2 \dot{I}_2 \end{aligned} \quad (1)$$

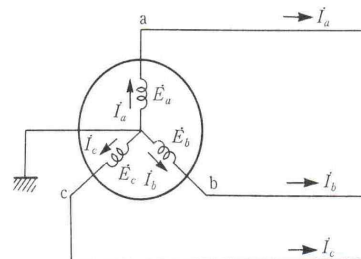


그림 1. 3상 단락 고장

2.1 3상 단락고장

발전기의 단자에 불평형 전압이 주어졌을 경우 발전기에 어떠한 불평형 전류가 흐르게 되는가하는 것도 위 식을 써서 구할 수 있다. 3상 단락이 생기면 발전기의 상 전압은 0이므로

$$\dot{V}_a = \dot{V}_b = \dot{V}_c = 0 \quad (2)$$

조건식을 연립해서 풀면,

$$\dot{V}_0 + \dot{V}_1 + \dot{V}_2 = \dot{V}_0 + a^2 \dot{V}_1 + a \dot{V}_2 = \dot{V}_0 + a \dot{V}_1 + a^2 \dot{V}_2 = 0 \quad (3)$$

따라서

$$\dot{V}_0 = \dot{V}_1 = \dot{V}_2 = 0 \quad (4)$$

이것을 위의 (1) 식에 대입하면,

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_1}{Z_1}, \dot{I}_2 = \dot{I}_3 = 0 \quad (5)$$

즉, 3상 단락 고장 시에는 내부 유기전압을 정상임피던스로 나눈 정상전류가 흐르며, 역상분과 영상분은 흐르지 않는다.

2.2 1선 지락고장

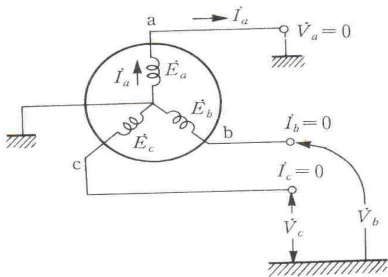


그림 2. 1선 지락 고장

a상의 지락의 경우를 생각하면,

$$\dot{V}_a = 0, \dot{I}_b = \dot{I}_c = 0$$

을 대칭분으로 바꾸면,

$$\begin{aligned} \dot{I}_b &= \dot{I}_0 + a^2 \dot{I}_1 + a \dot{I}_2 = 0 \\ \dot{I}_c &= \dot{I}_0 + a \dot{I}_1 + a^2 \dot{I}_2 = 0 \\ \dot{I}_b - \dot{I}_c &= (a^2 - a) \dot{I}_1 + (a - a^2) \dot{I}_2 = (a^2 - a)(\dot{I}_1 - \dot{I}_2) = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

가 되며, $\dot{V}_a = 0$ 이므로 발전기기본식에서,

$$\dot{V}_a = \dot{V}_0 + \dot{V}_1 + \dot{V}_2 = E_1 - (\dot{Z}_1 \dot{I}_1 + \dot{Z}_2 \dot{I}_2 + \dot{Z}_0 \dot{I}_0) = 0 \quad (7)$$

$\dot{E}_1 = \dot{E}_a$ 이므로 식 (6)과 (7)에서

$$\dot{I}_0 = \dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \frac{E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad (8)$$

전압에 대하여는 발전식과 (14)에서

$$\begin{aligned} \dot{V}_0 &= - \frac{\dot{Z}_0}{\dot{Z}_0 + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} E_a \\ \dot{V}_1 &= \frac{(\dot{Z}_0 + \dot{Z}_2)}{\dot{Z}_0 + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} E_a \\ \dot{V}_2 &= - \frac{\dot{Z}_2}{\dot{Z}_0 + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} E_a \end{aligned}$$

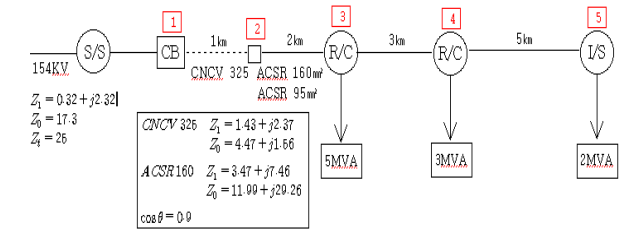
따라서, $\dot{I}_a, \dot{V}_b, \dot{V}_c$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \dot{I}_a &= \dot{I}_0 + \dot{I}_1 + \dot{I}_2 = \frac{3\dot{E}_a}{\dot{Z}_0 + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} = \dot{I}_g = \dot{I}_n \\ \dot{V}_a &= \dot{V}_0 + a^2 \dot{V}_1 + a \dot{V}_2 = \frac{\dot{Z}_0(a^2 - 1) + \dot{Z}_2(a^2 - a)}{\dot{Z}_0 + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} \dot{E}_a \\ \dot{V}_b &= \dot{V}_0 + a \dot{V}_1 + a^2 \dot{V}_2 = \frac{\dot{Z}_0(a - 1) + \dot{Z}_2(a - a^2)}{\dot{Z}_0 + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} \dot{E}_a \end{aligned}$$

3. 시뮬레이션 결과 및 분석

3.1 사고 전류 해석

(1) DSG가 없는 경우의 배전계통 모델링



① 154KV 상위 계통 임피던스

$$Z_1 = 0.32 + j2.3 = 2.32$$

② CNCV 325 mm²

$$Z_1 = 1.43 + j2.37 = 2.77$$

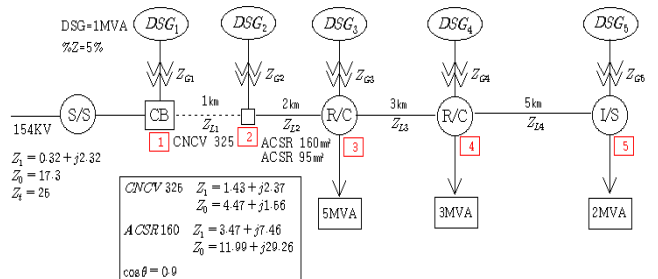
$$Z_0 = 4.47 + j1.56 = 4.73$$

③ ACSR 160 mm²

$$Z_1 = 3.47 + j7.46 = 8.23$$

$$Z_0 = 11.99 + j29.26 = 31.62$$

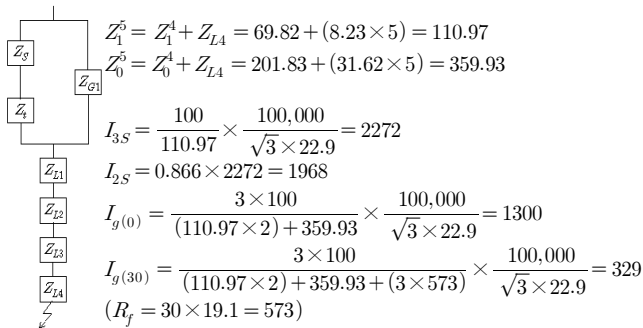
(2) DSG가 있는 경우의 배전계통 모델링



- ① 154KV 상위 계통 임피던스
 $Z_1 = 0.32 + j2.3 = 2.32 (Z_1 = Z_2)$
- ② MTR(45/60MVA) : 15%
 →25%(100MVA 기준)
- ③ CNCV 325 mm²
 $Z_1 = 1.43 + j2.37 = 2.77$
 $Z_0 = 4.47 + j1.56 = 4.73$
- ④ ACSR 160 mm²
 $Z_1 = 3.47 + j7.46 = 8.23$
 $Z_0 = 11.99 + j29.26 = 31.62$
- ⑤ DSG 임피던스
 $\%Z = 500 (100MVA 기준)$
 $Z_1 = Z_0 = 500$

(3) DSG가 있는 경우의 시뮬레이션 예

예를들어 DSG가 ⑤번 지점에 있는 경우, ⑤번지점의 사고전류를 구한 것이다.



3.2 해석결과 및 분석

(1) 분산전원이 없는 경우의 고장전류 분석결과는 그림 3과 같다. 이 그림에서는 각 지점에서 고장전류 발생 시 변전소에서 거리가 멀수록 고장 전류 값이 작아짐을 알 수 있었다.

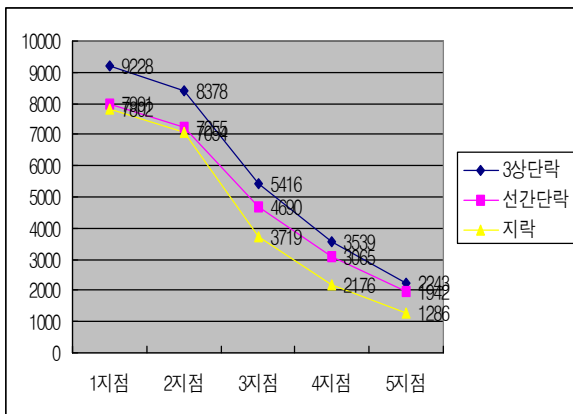


그림 3. 분산전원이 없는 경우의 고장전류

(2) 분산전원이 있는 경우의 고장전류 값을 분석하면 그림 4와 같다. 각 지점에서 분산전원의 임피던스를 조정하여 결과를 분석한 결과, 분산전원이 도입된 경우의 고장전류 값이 상승함을 확인할 수 있었고, 분산전원이 없는 경우와 동일하게 사고전류 크기가 변전소에서 가까울수록 사고전류의 값이 증가함을 알 수 있었다.

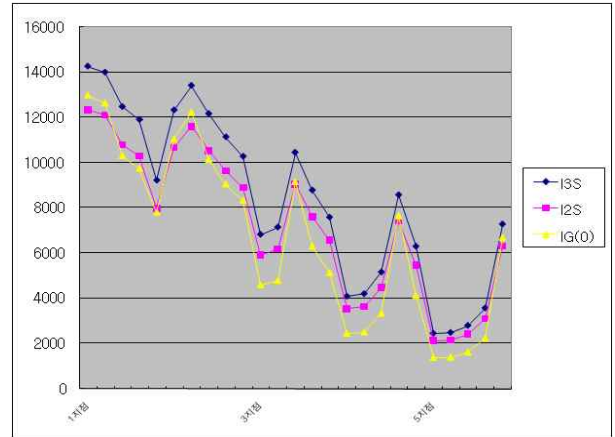


그림 4. 분산전원이 있는 경우의 고장전류

4. 결론

본 논문에서는 분산전원이 없는 경우와 분산전원이 있는 경우에 대하여 선로(직하, 중간, 말단)의 위치에 따라 사고 전류의 크기 분석해 보았다. 분산전원이 있는 경우가 없는 경우 보다 고장 전류 값은 약 1.5배 정도 상승하였고, 또한 각 지점에서의 사고 값은 말단으로 갈수록 작아짐을 알 수 있었다. 앞으로 수 계산으로 할 수 없는 복잡한 계산에 대하여 본 연구의 알고리즘을 이용하여 자동으로 해석할 수 있는 사고해석 자동시스템을 개발 할 예정이다.

참고문헌

- [1] “분산전원 계통연계가이드라인”, JEC4201, 일본, 2002.4
- [2] “풍력발전 계통연계 기술지침 및 연계선로 운영기준 제정에 관한 연구”, 한전 전력연구원, 2004
- [3] “배전전압관리 개선에 관한 연구”, 한전 전력연구원, 2003.10
- [4] “배전전압관리 매뉴얼”, 일본 북해도전력, 2003.1
- [5] “태양광발전의 배전계통 연계 알고리즘 개발에 관한 연구”, 2005 한국산학기술학회, 춘계 학술발표논문집, 노 대석 외 3인, 2005. 5.
- [6] “분산형전원 배전계통 연계 평가시스템 알고리즘 개발”, 2005 한국산학기술학회, 춘계 학술발표논문집, 노 대석 외 3인, 2005. 5.
- [7] “분산형전원 계통연계 기술평가시스템 알고리즘에 관한 연구”, 대한전기학회 대전지부 워크샵, 노 대석 외 2인, 2005. 6.