

## 전압 억제 과전류 계전기에 관한 연구

박철원, 김주형, 한문석  
강릉원주대학교

### A Study on Overcurrent Voltage Restraint Relay

Chul-Won Park, Ju-Hung Kim, Moon-Seog Han  
Gangneung-Wonju National University

**Abstract** - 본 논문은 발전기보호를 위한 전압억제 과전류계전기에 관한 것이다. 발전기 후비보호를 담당하는 전압억제 과전류 계전기능은 발전기 전부하전류의 150~200[%]의 범위내 과부하상태에서 불필요하게 Trip 되는 것을 방지하는 역할을 한다. 본 논문은 대형 발전기 내부사고 보호를 위한 다기능 IED 시제품 기술 개발 과제의 1차년도 진도보고의 일부로서 0사의 DGP를 Target 계전기로 삼아 연구를 수행하였다. 본 논문에서는 전압억제 과전류의 동작특성과 특성방정식계전기, 정정기준 분석 및 제시안, 논리를 알아본 후 최종적으로 알고리즘을 정립하였다.

#### 1. 서 론

발전기의 설비는 기계 및 전기기로 구별된다. 전기부분은 발전기, 변압기, 송전선, 소내기기와 이와 같은 주요 접속회로를 말하며 구성되는 각 기기에 적당한 보호장치가 설치되게 된다. 교류 발전기의 사고종류는 절연열화의 진전 등에 의한 자발적인 것과 외부요인에 의한 돌발적인 것이 있다. 전기적인 보호계전장치는 이들 사고를 전기적 변화에 의해 검출하게 되는데, 사고의 경중에 따라 비상정지, 급정지, 무부하 무여자 및 경보 등의 조치를 취하게 된다[1,2].

발전기에서는 일반적으로 단순한 과전류 계전기로 적절한 후비보호를 제공할 수 있도록 설정할 수 없다. 후비보호를 위한 과전류 계전기의 설정은 통상 발전기 전부하의 전류의 150~200[%]의 범위를 갖도록 하여 발전기가 예기치 못한 과부하 상태에서 불필요하게 트립되는 것을 방지할 수 있도록 한다[3,4]. 전력계통의 사고장에 대한 후비보호용 과전류계전기는 전압억제 또는 전압제어 반환시 형태가 사용되는데, 2가지 모두 예기치 못한 과부하에서는 동작하지 않도록 설계되지만 고장검출 감도는 적절하게 유지되어야 한다.

전압억제에서는 전류 픽업치는 계전기에 걸리는 전압에 따라 변화하며, 발전기 Unit의 단락전류 시정수가 짧은 경우에는 전압억제 과전류 계전기인 51V가 사용되고, 전압제어에서는 민감하고 낮은 픽업을 가지는 반환시 과전류 계전기가 전압계전기에 의해서 동작이 제어된다[1]. 전압억제 과전류계전기는 과전류계전기에 전압억제 요소를 내장시킨 것으로 억제 전압이 작을수록 동작전압치도 작아지는 계전기이며 전압제어 과전류계전기는 전압이 일정치 이하로 감소한 경우에 한하여 동작되는 과전류계전기로 고장전류가 최대 부하전류보다 작은 경우에 사용된다. 전압제어 과전류계전기는 일반적으로 모선 또는 선로 고장시 상당한 전압 감소가 있는 곳에 적용되며, 전압억제 과전류계전기보다 좋은 민감도를 얻을 수 있다. 전압억제 계전기는 일반적으로 모선 또는 선로 고장시 발전기 출력단의 선간전압 감소가 적은 곳에 적용되며, 전압제어 계전기보다 빠른 동작 특성을 얻을 수 있다. 전력시스템은, 발전기가 장기간 고장이 지속되는 것에 대하여 보호되어야 한다[5~7].

0사의 DGP(Digital Generator Protection)는, 시스템의 후비보호의 일부를 제공하기 위하여, 전압억제에 시간과전류 기능이 통합되어있다[2]. 본 논문에서는 DGP를 Target 계전기로 삼아 연구를 수행하였다. 또 전압억제 과전류계전기와 전압제어 과전류계전기에 대해서 비교하였으며, 특히 전압억제 과전류의 동작특성과 특성방정식계전기, 정정기준 분석 및 제시안, 논리를 알아본 후 최종적으로 알고리즘을 정립하였다[2].

#### 2. 본 론

##### 2.1 전압억제 과전류계전기의 동작특성

최대 부하전류와 최소고장전류의 차가 작을 경우, 일반 과전류계전기에서는 부하전류에 의해 오동작하지 않도록 정정하면 고장시 부동작 또는 장시한을 요하게 되어 상위 계전기와 보호협조면에서 불합리한 일이 생긴다. 전압억제 과전류계전기는 이와 같은 경우에도 선택차단이 가능한 것으로 회로전압이 정상적인 경우에는 억제력이 강하기 때문에 계전기가 동작하기 어렵지만, 고장시에는 회로전압이 저하되기 때문에 억제력이 약해져 계전기는 동작하기 쉽게 된다. 고장점이 가까울수록 억제

전압이 작아지므로 계전기는 고감도로 동작하게 된다[3,4]

##### 2.2 전압억제 과전류계전기의 특성 방정식[5,6]

$$T = \frac{K}{\sqrt{\frac{I/I_{PU}}{V/V_{NOM}} - 1}} \text{ seconds} \tag{1}$$

여기서, K = 시간요소

$I/I_{PU}$  = I의 배수전류

$V/V_{NOM}$  = 공칭 전압

$V = \sqrt{3} \times$  변압기의 선간전압(Y결선) 또는 상전압( $\Delta$ 결선)

**<표 1> 전압억제 과전류 계전기 정정 및 비율**

SETTING	RANGE			DEFAULT	
	5AMP	1AMP	UNITS	5AMP	1AMP
NOM	100 to 225.0		N/A	0000	
VOLT	/ 100.0 to 140.0				
ALARM	0000 to 1111		N/A	0000	
REL PWR	0.5 to 99.9	0.1 to 19.9	W	1.5	0.3
TL2	1 to 60		Sec.	1	
TRIP	0000 to 1111		N/A	0000	
ALARM	0000 to 1111		N/A	0000	
PICKUP	0.5 to 16.0	0.1 to 3.2	A	0.5	0.1
TIME FAC	0.10 to 99.99		Sec.	0.10	

##### 2.3 전압억제 MATLAB을 이용한 51V 특성곡선

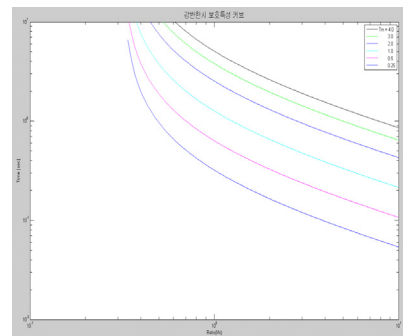
$$V_{GT} = V_G \times \frac{10 \times \frac{\text{발전기용량}}{GSU \text{ 변압기 용량}}}{\text{발전기 고장임피던스}} \tag{2}$$

$$\% \text{ 전압억제} = \frac{V_{GT}}{V_G} \times 100$$

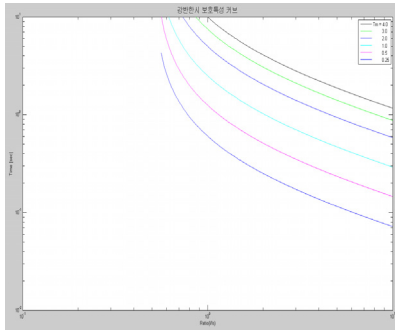
여기서,  $V_{GT}$  = 발전기 단자전압

$V_G$  = 발전기 전압

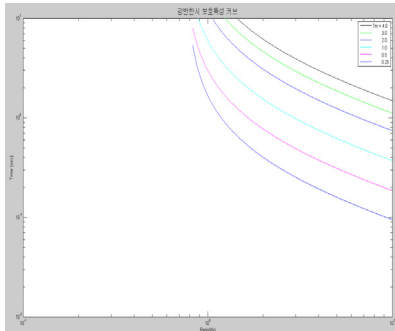
하단의 그래프는 K와 전압억제의 선택된 값에 대한 곡선을 보여준다. K와 억제전압(선간전압, 상전압)의 어떤 조합에 대한 곡선은 식(1)의 알고리즘으로 결정할 수 있다. 발전소에서 사용되는 전력시스템 보호계전기에서 협조되도록 설정되어야 한다.



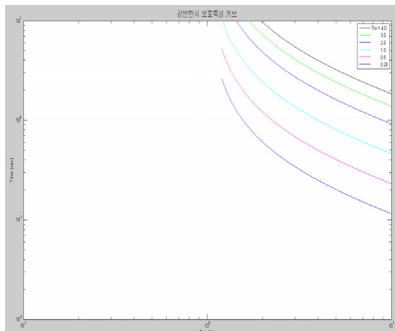
**<그림 1> MATLAB을 이용한 51V 특성곡선(전압억제 30%)**



〈그림 2〉 MATLAB을 이용한 51V 특성곡선(전압억제 50%)



〈그림 3〉 MATLAB을 이용한 51V 특성곡선(전압억제 75%)



〈그림 4〉 MATLAB을 이용한 51V 특성곡선(전압억제 100%)

#### 2.4 현직용 정정기준

용도 : 단락 후비 보호

정정기준 : \* 동작치 - 정격전류의 150%, 전압제어부인 경우는 정격 전압의 80%에 정정

\* 한시정정 - 외부 고장에 대하여는 최종 후비이므로 가능한 하나의 발전기 트립을 억제하기 위해 선로의 Zone-3(100Cycle)보다 50Cycle의 협조 시간을 둔다.

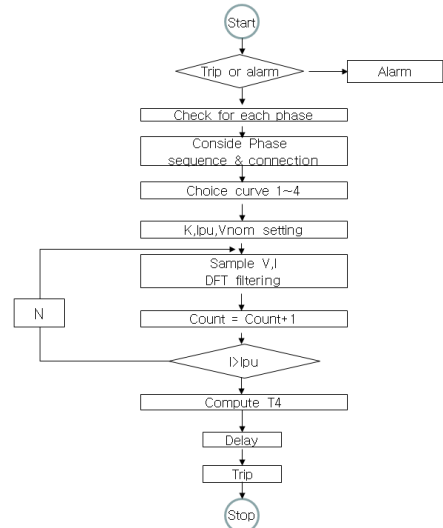
#### 2.5 정정 기준 분석

과전류계전기의 동작치는 돌발적인 발전기 과부하시 오동작을 막기 위하여 정격최대부하전류의 150~200[%]에 정정한다. 전압제어의 저전압요소는 정상적인 부하와 시스템 고장을 구별하기 위한 요소로 사용되며, 정상상태에서 운전전압은 정격전압의 5[%]를 고려한 합계 15[%]에 약 50[%]의 안전율을 추가로 고려하여 정상전압의 80[%] 이상이 되면 정상상태로 판단하도록 80[%]로 정정한다.

전압억제계전기는 전압의 감소에 비례하여 동작전류가 변화하게 되는데, 동작전류의 변화특성은 제작사에 따라 정정요소 및 특성이 다르므로 제작사 추천치에 정정하는 것이 바람직하다.

#### 2.6 정정 기준 제시안

- \* 동작치 - 정격전류의 150[%]
  - 전압제어인 경우는 정격전압의 80[%]에 정정
  - 전압억제인 경우 제작사 추천치에 정정
- \* 한시정정 : 2.0초



〈그림 5〉 전압억제 과전류계전기 흐름도

### 3. 결 론

전력계통의 사고장 발생시 후비보호기능을 위한 전압억제 과전류계전기와 전압제어 과전류계전기는 발전기 고장발생 수초 후 발전기가 공급하는 단락전류의 크기는 발전기의 정격전류 정도로 감소하기 때문에 과전류 요소만으로 보호하기 어렵다. 전압억제 과전류계전기는 전압의 감소에 따라 동작전류도 작아진다. 따라서 후비보호 과전류계전기의 설정을 잘 검토하여, 발전기의 단자전압이 감소하고 부하전류가 증가하는 것과 같은 전력계통의 예기치 못한 상태에서는 오동작이나 부동작을 하지 않도록 유의하여야 한다.

#### [참 고 문 헌]

- [1]유상봉 외, “보호계전 시스템의 실무활용기술”, pp. 1~166, 2007. 12.
- [2]박철원 외, “대형 발전기 내부사고 보호를 위한 다기능 IED 시제품 기술 개발”, 지식경제 기술혁신사업 1차년도 연차보고서, pp. 1~286, 2011. 5.
- [3]IEEE Power Engineering Society, “Guide for AC Generator Protection”, IEEE Std C37.102-2006 pp. 1~167, 2006. 11.
- [4]IEEE Power Engineering Society, “Guide for AC Generator Ground Protection”, IEEE Std C37.101-2006 pp. 1~67, 2006. 11.
- [5]GE Industrial Systems, “DGP Digital Generator Protection System Instruction Manual”, pp. 1~C4, 2003.
- [6]General Electric Company, “GEK-100605 DGP Digital Generator Protection System”, pp. PD-1~SO-21, 1995.
- [7]이승재 외, “보호계전기 정정수립에 관한 연구”, 최종보고서, pp. 1~442, 2003. 6.
- [8]Yasser G. Mostafa et al., “Neural Network Based Overcurrent Voltage Controlled Protection System in Large Electrical Networks”, pp. 1~6, 2009.
- [9]David Beach et al., “Arc Flash Mitigation Through Use Of Voltage Controlled/Voltage Restrained Overcurrent Elements”, pp. 194~217, 2007.
- [10]Del Ventruella et al., “A Second Look at Generator 51-V Relays”, pp. 848~856, 1997.
- [11]Yasser G. Mostafa et al., “Co-ordination of Overcurrent Voltage Controlled Protection in Large Electrical Networks Using Particle Swarm Optimization Technique”, pp. 543~548, 2009.

#### 감사의 글

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (2010T100100415)