

GTO를 이용한 과전압 억제용 크로바 회로

류호선^{*}, 임익헌

Crowbar Circuit for the Overvoltage Protection Using GTO

Ho-Seon Ryu^{*}, Ick-Hun Lim

Korea Electric Power Research Institute (KEPRI)

Abstract - In the case of synchronous machines, certain power system disturbances cause current to assume negative values when no static converter is present. But the converter prevents negative current from flowing, so that overvoltages occur. The overvoltages can be effectively limited as crowbar circuit using GTO. The crowbar circuit with current limiting resistor absorbs energy when overvoltage comes from power system repeatedly. The newly proposed circuit is verified through simulation and experiment

서론

전력수요가 증대함으로써 대형 화력플랜트 및 원자력 플랜트가 전력공급의 기초가 되었지만 예기치 못한 발전소 고장으로 전력계통의 전원교란이 자주 발생하고 있다. 이런 발전소 정지 현상을 최소로 억제하는 것이 양질의 전력을 공급하는데 필수 불가결한 것으로 간주되고 있으며, 발전소 정지 원인 중에 제어 계통의 이자시스템 과전압에 의한 현상도 묵과 할 수 없는 부분이 되었다. 대형 발전플랜트 정지형 여자기와 동기 발전기는 과전압(Over Voltage)에 의해서 손상될 수 있으며, 이 과전압을 근본적 제한을 한다면 충분히 안정적으로 시스템을 운전할 수 있다. 동기기의 경우에 전력 시스템의 외란에 의해서 유도된 계자 전류가 음이 값이 되어 정지형 컨버터 존재 시에는 역으로 흐르는 전류를 컨버터가 차단하므로 과전압이 발생하게 된다. 현재 정지형 여자기 시스템은 다음과 같은 부분으로 나눈다.

- ① Excitation Transformer (여자 변압기)
- ② Static Converter (정지형 컨버터)
- ③ Field Suppression Circuit (필드 억제회로)
- ④ Electronic Control System (전자 제어 시스템)

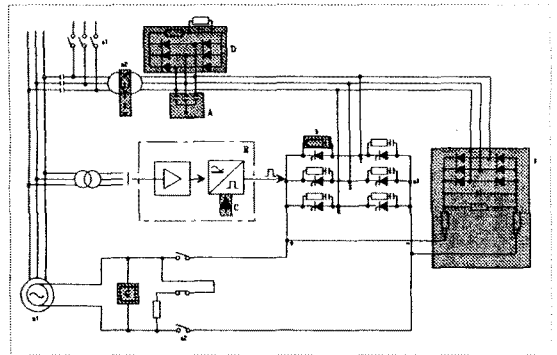
본 논문에서는 여자 시스템 운전중에 동기 발전기의 계자권선과 여자시스템 장치는 과전압에 의해 비보호 되어 있는데 과전압을 그 발생위치에 따라 나누어 보고 그원인과 대책을 설명하였으며 특히 DC측에서의 과전압현상이 발생하였을 경우에 GTO의 ON-OFF현상을 이용한 크로바시스템을 제안함으로써 순간적인 서지현상은 물론 이상과전압시에 발전기 및 여자시스템을 보호하기위한 회로를 구성하였다.

1. AC측에서의 과전압

AC측에서의 과전압은 전력시스템의 과도 스위칭 상태나 송전선의 과전압유도에 의해서 발생 될 수 있다. 보통 전송선로는 여자 변압기와 병렬로 연결되어 있는데 기존 형태의 시스템은 동기기의 단자에 설치된 서지 제한기에 의해서 안정한 전압으로 제한된다. 더구나, 진기자 권선의 용량성 성분은 펄스 형태의 전압을 평활 시키는 역할을 한다. 또한 과전압에 대한 보호는 동기기의 진기자 권선에 여자 변압기가 직접 연결되지 않았을 때 여자 변압기 Lv차 측에 접지 된 콘덴서를 병렬로 연결하거나 여자 변압기 Lv,lv차 측 사이에 망으로 된 접지선을 연결한다.

2. 여자 변압기의 단락에 의한 과전압

회전자의 높은 인덕턴스 값은 주변압기에 어떤 값으로 일정하게 부하전류를 유지하려고 하는데 이 전류의 갑작스런 차단은 과전압을 발생시키는 원인이 되며 또한 무부하 여자 변압기가



m1 : 동기기	A : Earthed Protection capacitors
m2 : 여자기용 변압기	B : Earthed Screen
a1 : 정지형 컨버터	C : Freewheel Command, i.e. blocking of thyristors
a2 : 필드 차단기	D : Decoupled Overvoltage Protection Device
a3 : 필드 제한 저항을 가진 스위치	E : Snubber Circuit
R : 전자제어회로	F : Summing Network
	G : Field Overvoltage Protection

그림1. 과전압 제한 장치를 가진 여자기 시스템의 기본회로

크로바 회로의 응답은 계자권선과 컨버터의 각소자에 영향을 미치므로 주의하여 손상되지 않는 범위 내에서 동작하도록 하여야 한다. 크로바 응답기준을 살펴보면,

$$V_{CR\ max1} = 0.8 V_{preff} \dots\dots\dots ①$$

여기서 $V_{CR\ max}$ = 최대 크로바 응답전압

V_{preff} = 발전기 테스트 전압의 실효치

또한 $V_{CR\ max}$ 는 보통 다음식에 의해서 제한된다.

$$V_{CR\ max2} = (4 \sim 5.2) V_{vo} \dots\dots\dots ②$$

여기서 V_{vo} = 여자 변압기의 상전압

①식과 ②식중 2개의 값중에 적은 값을 기준으로 하여 선택한다. 그리고 최소 응답전압의 기준은 크로바 회로의 동작 없이 최대한 시스템이 이상현상 없이 유지가능한 전압을 선택하면 다음과 같다.

$$V_{CR\ min1} \approx 3 V_{vo} \dots\dots\dots ③$$

또한 초기여자동안 최대전압보다 커야 하므로

$$V_{CR\ min2} \geq V_{RE} \dots\dots\dots ④$$

여기서, V_{RE} : Max-voltage across the field suppression resistor
 최소 응답전압은 ③식과 ④식중 가장 큰값을 최소 기준전압으로 한다. 크로바 회로가 동작하게 되는 시점은 위 식을 이용하여 RC의 서정수를 선정 한 후 적정 시간에서 동작하도록 설계하면 된다.

4.2.3 시뮬레이션 및 실험결과

제안된 회로의 시뮬레이션은 Pspice Design Center로서 동작특성을 확인 하였다. GTO의 ON-OFF 특성을 이용하기 위하여 먼저 Comp2부분에서 동작하게 하였고 그후 콘덴서의 전압이 일정치 이상이 되었을 때 GTO를 ON상태로 유지함을 그림5에서 볼 수 있다. 그림 6은 콘덴서 전압의 상승과 ON-OFF시의 게이트 신호를 실험으로 확인하였고 그림 7은 크로바 회로의 양단전압을 100V로 하여 게이트를 ON-OFF 시켰을 때 과전류 억제용 저항에 나타난 전압을 표시하였다.

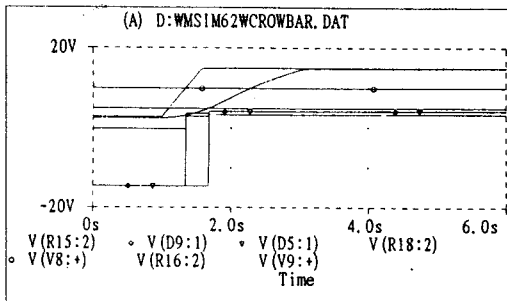


그림 5. 비교기에 나타난 기준전압과 게이트 신호

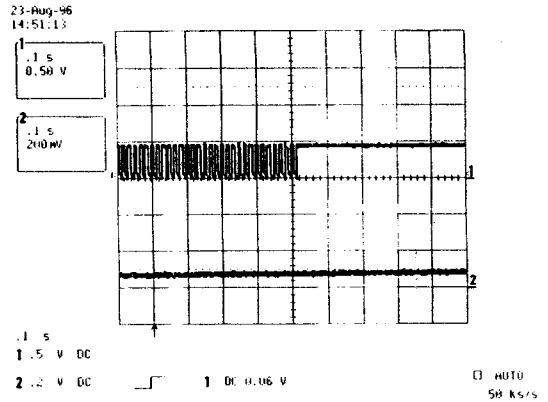


그림 6. 게이트 신호 및 콘덴서의 상승전압

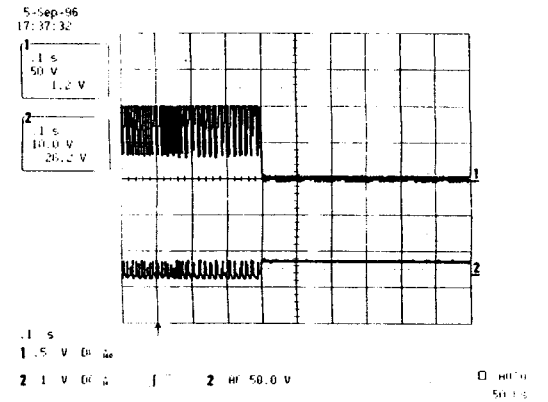


그림 7. GTO ON/OFF시의 과전류 억제용 저항에 나타난 전압

결론

본 논문에서는 크로바 회로에 GTO를 적용함으로써 기존의 SCR을 사용하였을 경우에 Turn-On 특성만을 이용하여 에너지가 거의 없는 서지성 전압상승에 대하여 발전소 TRIP을 하였으나 GTO의 On-Off 특성을 이용하여 발전소 정지를 최소화 하기위한 방안을 제안하였고, 에너지가 거의 없는 서지성 전압상승에 대한 대처 효과가 상당히 클 것으로 기대가 된다.

참고 문헌

- [1] H. Herzog and J. Deak, Baden "Protecting the Static Excitation Equipment and Rotor Windings of Synchronous Machines Against Overvoltages." Brown Boveri Rev. 6-82, pp 207-211
- [2] Herbert M. Lawatsch Janis Vitins, "Protection of Thyristors Against Overvoltage with Breakover Diodes." Vol.24, No. 3, pp 444-448 1988.
- [3] "Monitor both voltage and current levels to protect your power supply and load" Electronic Design 25, December 6, 1978.
- [4] George R. Lyuta and Thomas A. Weil "Rapid Recycle Crowbar Circuits." Raytheon Company Wayland, Mass. pp 217-226.