

## 여자기 공급용 AVR의 Snubber 설계

오상록\*, 이철승, 류호선, 성세진  
 충남대학교 전기공학과

### Design of Snubber for the AVR to supply Excitor

Sang-Rok Oh\*, Cheol-SeungLee, Ho-Sun Ryu, Se-Jin Seong  
 Dept. of Electrical Eng. Chungnam Nat'l Univ

#### Abstract

In this paper, it is consider spike voltage that is generated by ignoring the recovery time of switching device, turn on and turn off time.

In the same principle, this spike voltage will be applicable to diode recovery time.

The spike voltage causes to break down insulation of input transformer. So, we will show how to remove spike voltage by optimizing value of R and C and using switching diode which have fast recovery time.

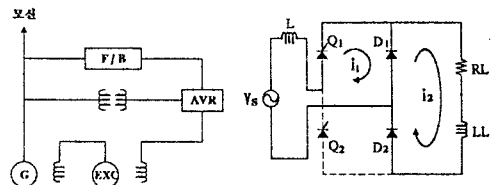
#### 1. 서론

수용가에 공급하는 전압은 항상 정격으로 유지시키는 것은 주파수와 마찬가지로 양질의 전력을 공급하는데 있어서 중요한 요소가 되고 있다. 수용가의 전압을 일정하게 유지하려면 먼저 계통전압을 일정하게 유지시켜야 한다. 계통의 전압을 조정하기 위해 사용되는 기기로는 여러가지가 있지만 여기서는 발전기의 여자전류를 자동제어하여 단자전압 및 역률을 출력의 크기에 관계없이 일정하게 유지하는 AVR(Automatic Voltage Regulator)System이 있다. 이 AVR에서의 전류중복현상과 스위칭 소자의 역회복 시간에 따른 사고가 종종 발생한다. 이것은 프리휠링 다이오드의 역회복시간에 따른 전류중복이 큰 노이즈원이 되는데  $t_{rr}$ 을 짧게하면 할수록 전류중복도 적게 됨으로써 Fast Recovery Diode가 유리하나  $t_{rr}$ 을 짧게한다고 노이즈 감소의 완전한 대책일 수는 없으나, 서어지 노이즈를 억제하는 R-C 스너버를 구성하여 효과를 얻을 수 있다.[1] 또한 다이리스터

가 턴 온 혹은 턴 오프 될때 다이리스터의 손상 및 오동작을 막기위해 보호회로를 추가하는데 다이리스터와 병렬로 R-C 스너버를 사용한다.[2] 본 논문에서는 프리휠링 다이오드의 전류 중복현상에 의한 입력에의 스파이크성 노이즈를 감소시키기 위해 R-C 스너버를 구성과 Fast Recovery Diode를 사용하며, 다이리스터 턴 오프 모델을 간단히 구성하여  $dv/dt$ 의 특성을 최적시키는 R,C 값을 결정함으로써 AVR에 의해 발생하는 스파이크가 입력에 영향을 최소한으로 줄이고자 한다.

#### 2. 회로구성 및 전류 중복

발전기 제어 시스템은 출력을 제어하는 터빈 Governor system과 전압을 제어하는 발전기 자동전압 조정시스템(AVR)로 구성되며, 발전기 전압 조정계통은 발전기와 여자 장치로 되어 있으며 여자장치는 발전기의 단자 전압을 조정하는 AVR과 여자기로 구성되어 있다. (그림 1)



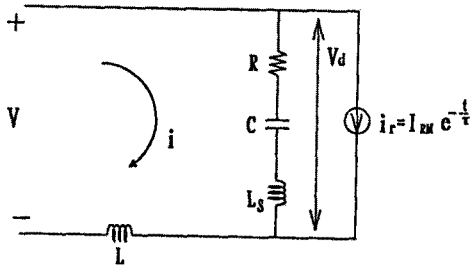
(그림 1) 회로 구성도 (그림 2) 단상혼합브리지

발전기단자 전압제어는 발전기의 부하변화, 속도변화 및 온도변화등의 여러가지 외란에 관계없이 발전

기의 전압을 목표치와 일치하도록 발전기 계자전류를 조정한다. 이 발전기의 계자전류는 그림 2의 단상혼합브리지를 채택하여 위상제어함으로써 가변 직류전원을 공급하여 조정한다. (그림 2)에서 Q1이 턴 온 순간에 다이오드 D1에는 역전압이 유기되어 순간적인 역방향 전류 ( $i_r$ )이 흐른다. 이는 다이오드 PN접합에 축적된 전하가 순간적으로 접합부분에서 소멸될 수 없다는 것이다. 역방향전류가 축적전하의 재조정에 필요한 시간동안 다이오드 PN접합 내부를 흐를 수 있다는 것이다. 이것이 전류 중복현상인데 이것으로 인해 입력측에 스파이크성 노이즈가 발생하게 된다. 이 노이즈를 줄이기위해서 다이오드의 턴 오프 모델을 구성하여 R-C스너버를 병렬로 연결하고 Fast Recovery 다이오드를 사용해서 줄일 수 있다.[1]

### 3. 턴오프 모델

다이리스터와 프리휠링 다이오드의 등가 회로는 다음 (그림 3)과 같다.



(그림 3) 다이리스터 및 프리휠링 다이오드 등가회로

다이리스터와 프리휠링 다이오드의 규격표를 통하여  $di_r/dt$  변화에 따른 역회복 전하특성과 최대 역회복전류 특성으로 부터 턴오프 모델을 구할 수 있다.[1]

$$Q_{rr} = I_{RRM} (t_s/2 + \tau)$$

$$\tau = Q_{rr}/I_{RRM} - I_{RRM}/2(di_r/dt)$$

따라서 그림 3에서 역회복 전류  $i_r$ 은

$$i_r = I_{RRM} \exp(-t/\tau)$$

### 4. 최적의 R-C값의 결정

R-C 스너버회로는  $Q_{rr}$ 과  $I_{RRM}$  특성을 이용하여 설계할 수 있는데 그림 3의 스너버 등가회로로부터 다이오드와 다이리스터의 Anode-cathode의 전압  $v_d$ 를

표 1. Simple 다이오드 및 다이리스터 정격

Symbol	SKN 501	68A9525GE
$di_r/dt$	10 A/us	10 A/us
$Q_{rr}$	2000 uC	6000 uC
$I_{RRM}$	100 A	150 A
$V_{RRM}$	1200 V	3200 V
$I_{FAV}$	720 A	1570 A

R C 함수로 나타낸다.[5]

$$v_d = V - L(di_r/dt)$$

$$= V + L[(\zeta A_1 - \omega_r A_2) \cos \omega_r t +$$

$$(\omega_r A_1 + \zeta A_2) \sin \omega_r t] \exp(-\zeta t) + L(K/\tau) \exp(-t/\tau)$$

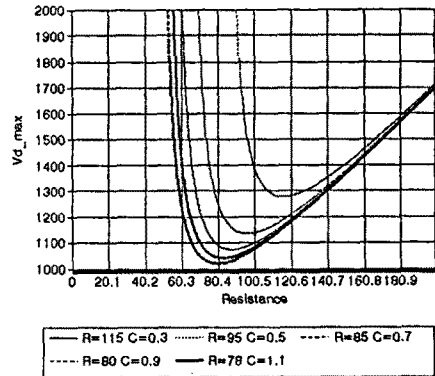
① underdamped case ( $\zeta < \omega_0$ )

② overdamped case ( $\zeta > \omega_0$ )

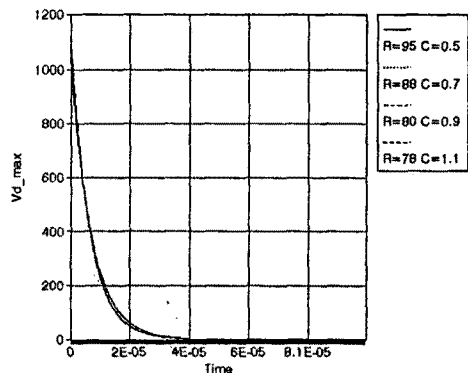
③ critical damped case ( $\zeta = \omega_0$ )

④ No damping case ( $\zeta = 0$ )

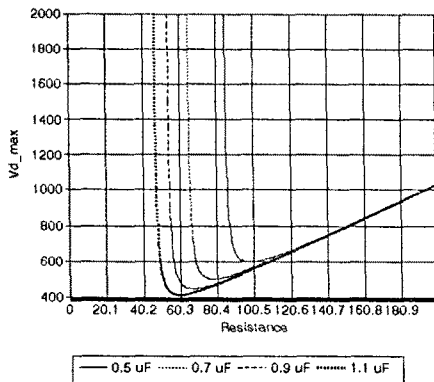
로 나누어 계산을 하면 스너버 저항 R과  $V_d$ 의 특성 곡선을 얻을 수 있다. (그림 6,7)



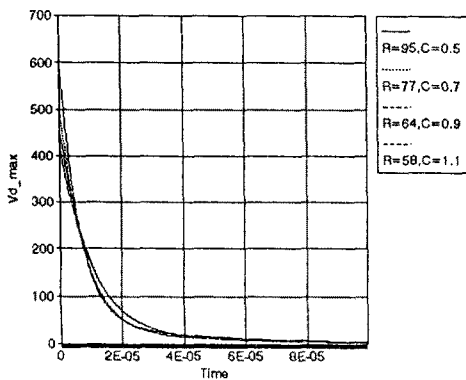
(그림 6-1) SKN501 다이오드 R 과  $V_{d,max}$  특성



(그림 6-2) SKN501 다이오드  $V_{d,max}$  과 Time 특성



(그림 7-1) 다이리스터 R 과  $V_{d_{max}}$  특성



(그림 7-2) 다이리스터  $V_{d_{max}}$  과 Time 특성

또한 R-C 스너버의 저항 R에서 발생하는 손실 W는  $W = 1/2CV^2 + 1/2LI^2$  으로 나타낼 수 있다.[4] 따라서 R-C 스너버를 사용하여 다이리스터와 다이오드의 전압 스파이크 및 전압 변화율을 감소 시키는 댓가로 감수해야 할 손실은 콘덴서 값에 비례한다.  $V_{d_{max}}$ 와 R-C 최적특성곡선을 이용하여 다이리스터와 다이오드의 R-C 값을 설정 할 수 있다.

다이리스터의 값 (  $dv/dt = 1000$  일때 )

$$R = 95 \text{ (ohm)} , C = 0.5 \text{ (uF)}$$

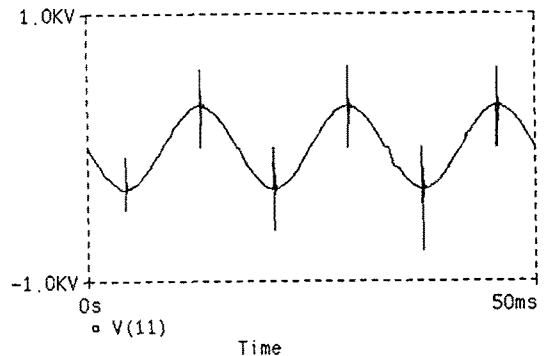
다이오드의 값 (  $dv/dt = 1000$  일때 )

$$R = 80 \text{ (ohm)} , C = 0.7 \text{ (uF)}$$

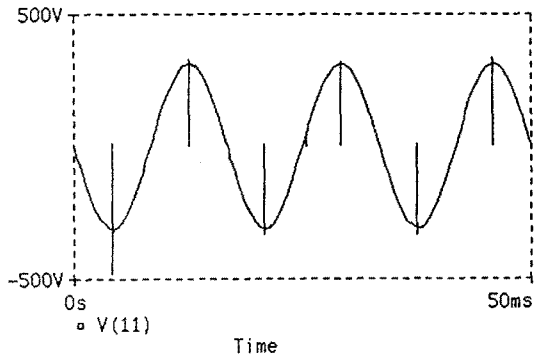
### 5. Pspice simulation 및 결과

이상에서 제시된 R,C값을 가지고 Pspice simulation을 하였다. 기존의 설정된 값을 가지고 simulation을 한 (그림 8) 과 제시된 R-C 값을 가지고 simulation한 결과를 통해서 개선의 효과를 얻을 수 있었으며, 프리

휠링 다이오드로써는 fast-recovery time를 갖는 다이오드를 사용하여야 한다.(그림 9)



(그림 8) 기존의 값을 사용한 입력측 파형



(그림 9) 제안된 값을 가진 입력측 파형

### 참 고 문 헌

- [1] 황상열,김영래 ,“ SMPS의 EMI 노이즈 대책 기술”, 전기학회지 41권 1호 1992.1 pp 23 - 34
- [2] Chang-Woo Lee, and Song-Bai Park, “ Design of a Thyristor Snubber Circuit by Considering the Reverse Recovery Process,” IEEE Trans on Power Electronics, Vol.3, No.4, pp.440 - 446, Oct. 1988.
- [3] William McMurray, “Optimum Snubbers for Power Semiconductors,” IEEE Trans.Ind. Appl, Vol.IA-8, No.5, pp. 593 - 600, Sep/Oct. 1972.
- [4] 김권호,김광배 ,“ 다이리스터의 Turn-off 모델 및 최적 Snubber 회로 설계”,전기학회지 42권 9호 1993.9 , pp. 30 - 37
- [5] Semikron Data book 1990.