

## 스위치의 선형영역을 이용한 무효전력보상기의 돌입전류 억제 방안

(Inrush Current Suppression Method of the Reactive Power Compensator by using a Linear Region of the Switch)

박성미\* · 강성현 · 박성준\*\*

(Seong-Mi Park · Seong-Hyun Kang · Sung-Jun Park)

### Abstract

In this paper, a new topology which can add a small reactor in series to a condenser-bank type reactive power compensator to limit current is proposed. And also the proposed topology can add or remove a power condenser safely without any addition of inrush-current suppression resistance. The proposed method tests variable resistance of the drain source of a switching device which is controlled by gate voltage in a two-way switch with a diode rectifier and FET switch. In other words, the proposed method is a inrush-current suppression method with the structure of variable resistance. In particular, the proposed method creates smooth current without any resonance in inrush-current as well as is not limited by the time of switch on and off.

Key Words : Inrush Current, Reactive Power Compensator, PMSG, Gate Voltage Control, Variable Resistance

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경

전력전자 소자기술의 발달로 정지형 무효전력 보상장치(SVC, Static Var Compensator)가 다양하게 개발되고 있다. 그 일례로 정지형 무효전력 보상장치는 발전기와 부하 간에 무효전력 보상기능을 갖는 장치이다. 정지형 무효전력 보상장치 중 가장 간단한 방법은 부하와 무효전력을 발생시킬 수 있는 병렬 임피던스를 투입, 혹은 개방하여 부하의 역률을 개선한다[1]. 이로 인해 발전기 및 송전 효율을 높인다는지, 전력계통 전압을 조정하여 그 품질을 향상시킨다. 이외의 정지형 무효전력 보상장치로서 포화 Reactor

---

\* 주저자 : 전남대학교 컴퓨터정보통신공학과 박사  
\*\* 교신저자 : 전남대학교 전기공학과 교수  
\* Main author : Dept. of Computer Information and Communication Engineering, Chonnam National University, Dr  
\*\* Corresponding author : Dept. of Electrical Engineering, Chonnam National University, Professor  
Tel : 062-530-0629, Fax : 062-530-1749  
E-mail : seongmi@jnu.ac.kr  
접수일자 : 2012년 11월 29일  
1차심사 : 2012년 12월 4일, 2차심사 : 2013년 1월 11일  
심사완료 : 2013년 1월 28일

방식, 인버터 방식, 고주파 싸이크로 컨버터 방식 등이 있다. 이중 Thyristor Switched Capacitor(TSC) 방식의 정지형 무효전력 보상장치는 계통에 병렬로 접속되는 전력용 콘덴서를 여러 군으로 분리된 뱅크 형태이며, Thyristor 스위치를 사용하여 계통에 투입, 차단하게 된다. 이 방식은 그 구성 및 제어가 간단하여 영구자석 발전기의 무효전력 보상기로 사용하므로 발전기의 단자전압 저하를 방지하는 곳에 많이 사용되고 있다[2].

그러나 TSC 보상장치는 Thyristor 스위치를 on 시 스위치를 통해 흐르는 전류 상승을 제한하고 계통과 공진을 방지하기 위해 돌입전류 제한회로가 필수적이다. 일반적으로 사용되는 제한회로 방식은 소용량의 Reactor를 직렬로 구성하는 방식과 돌입전류 억제수단으로서 개폐기와 억제저항을 갖는 방식으로 구분할 수 있다[3-4]. 이러한 방식은 점호각 시점 및 1차, 2차 돌입전류 등을 고려하여야 하는 제한 요소가 있다.

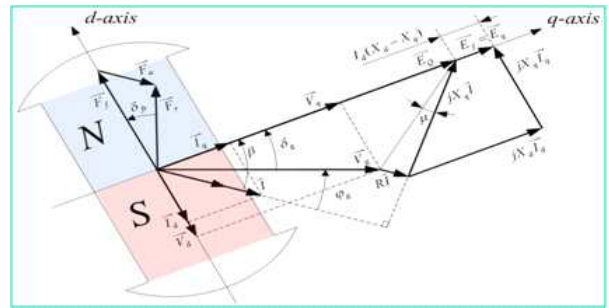
따라서 본 논문에서는 이러한 문제를 제거하기 위해 스위치 소자의 선형영역 사용으로 가변저항 구조에 의한 돌입전류 제한방식을 제안한다. 제안된 방식은 스위치 on, off 시점에 제한을 받지 않을 뿐만 아니라 돌입전류에 공진이 존재하지 않고, 그 크기도 콘덴서의 정상상태 전류 이하로 할 수 있는 장점이 있다. 또한 실험을 통하여 제안된 방식의 타당성을 검증하였다.

## 2. 영구자석 발전기와 무효전력보상

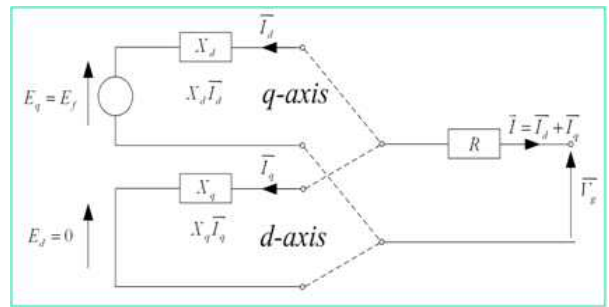
### 2.1 영구자석 발전기의 특성

그림 1은 영구자석 발전기의 벡터도 및 등가회로를 나타내고 있다.

그림 1에서 보는 바와 같이 영구자석 발전기는 영구자석에 의한 기자력과 전기자반작용 리액턴스에 의한 기자력의 벡터 합을 통한 기자력이 공극에 존재하며, 이는 부하의 변화에 따라 출력전압을 변동시키는 원인이 되며 그 관계식은 식 (1)과 같다.



(a) 영구자석 발전기 벡터도



(b) 영구자석 발전기 등가회로

그림 1. 영구자석 발전기 벡터도 및 등가회로

Fig. 1. Vector diagram & equivalent circuit of PMSG

$$\begin{aligned} \vec{E}_f &= \vec{V}_g + R\vec{I} + jX_q\vec{I} + j(X_d - X_q)\vec{I}_d \\ &= \vec{E}_Q + j(X_d - X_q)\vec{I}_d \end{aligned} \quad (1)$$

$$\vec{E}_Q = \vec{V}_g + (R + jX_q)\vec{I}$$

영구자석 발전기의 단자전압 영향으로 직결되는 항은 부하각이며 그 값은 식 (2)로 나타난다.

$$\delta_g = \tan^{-1} \left( \frac{X_q\vec{I} \sin \phi - R\vec{I} \sin \phi}{\vec{V}_g + R\vec{I} \cos \phi + X_d\vec{I} \cos \phi} \right) \quad (2)$$

영구자석 발전기를 d-q 전압방정식으로 표현하면 식 (3)과 같다.

$$\begin{bmatrix} E_d \\ E_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ E_f \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{gd} \\ V_{gq} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R & X_q \\ -X_d & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \end{bmatrix} \quad (3)$$

식 (3)의 전압방정식으로부터 발전기 단자전압은 유효전력 전류뿐만 아니라 무효전력 전류에도 영향을 받음을 알 수 있다. 그러므로 부하 변동에 따른 발전기 단자전압 강하를 최소화하기 위해서는 발전기에서 무효전력이 발생하지 않도록 운영하는 것이 최선이다. 발전기에서 무효전력을 발생하지 않게 하기 위해서는 부하에서 발생하는 무효전력을 보상할 수 있는 조치가 필요하다. 이러한 무효전력 발생을 방지하기 위해 계통에 병렬로 접속된 전력용 콘덴서를 여러 군으로 나누어 Thyristor 스위치를 사용하여 계통에 투입, 차단하는 TSC방식의 정지형 무효전력 보상장치는 구성 및 제어가 간단하여 많이 사용되고 있다[5-6].

### 2.2 영구자석 발전기용 무효전력 보상장치

그림 2는 SCR을 이용한 TSC방식의 무효전력 보상장치를 나타내고 있다.

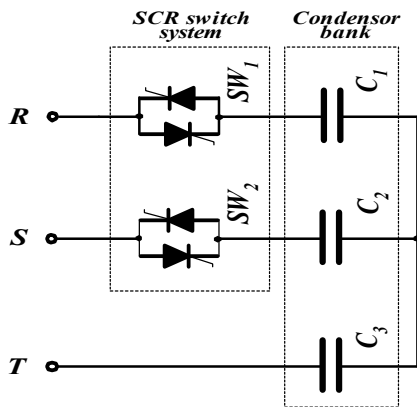
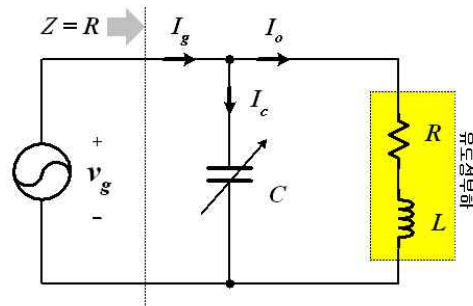


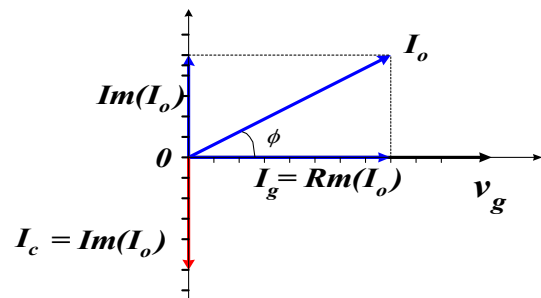
그림 2. SCR을 이용한 무효전력 보상장치  
Fig. 2. Reactive power compensator using SCR

그림 2는 3상 콘덴서 Y-회로로 2상에만 SCR이 역병렬로 구성되어 있다. 이 회로는 3상 모두 역병렬 구성에 비하여 과도상태에서 차이가 크나 구조가 간단하여 소용량 영구자석 발전기의 무효전력 보상용으로 많이 사용되고 있다. 그림 2와 같은 무효전력보상회로에서 그 보상원리를 살펴보면 그림 3과 같이 표현할 수 있다.

그림 3에서  $V_g$ 는 발전기 단자전압을 나타내고 있으며,  $I_o$ 는 일반적인 부하인 유도성 부하전류를 나타내고 있다. 부하전류는 부하 역률각  $\phi$ 에 의해 발전기 단자전압과 동상인 유효전류분과  $90^\circ$  뒤진 무효전류 성분이 존재하게 된다. 콘덴서에서는 발전기 단자전압보다  $90^\circ$  앞선 무효전류를 발생하여 두 무효전류의 합이 영이 되도록 콘덴서 용량을 사용하게 된다. 그림 3에서 다양한 크기의 무효전류를 보상하기 위해서는 다양한 콘덴서의 용량이 필요하나, 현실적으로 구현의 한계가 있어 여러 개의 콘덴서 군을 형성하여 사용하게 된다.



(a) 등가회로

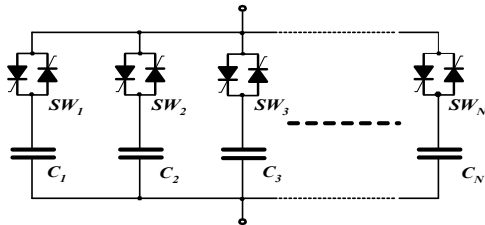


(b) 페이저도

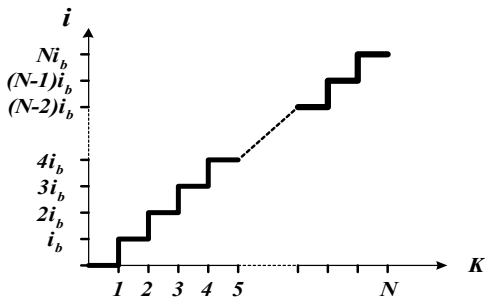
그림 3. TSC 방식의 무효전력보상 원리  
Fig. 3. Principle of reactive power compensation in TSC method

그림 4는 N개의 콘덴서를 병렬 연결한 경우 투입되는 정전용량은 0, 1, 2 ...N배의 개별 콘덴서 정전용량과 같게 된다. 즉 N 단계의 정전용량 가변이 가능하나 무효전력 제어 시 선형성을 확보하는데 문제가 있다. 이를 극복하기 위해 작은 용량을 무수히 설치하는 것

은 문제가 있으므로 N개의 콘덴서 중 1개를 다른 것의 1/2되는 용량의 콘덴서를 설치함으로써 가변 단계를 2N개로 확장하는 방법도 있다[7-8]. 논문에서는 콘덴서의 구성을 위의방법과 같이 구현하였다.



(a) 가변 콘덴서구성



(b) 콘덴서 군의 결합에 따른 용량 특성

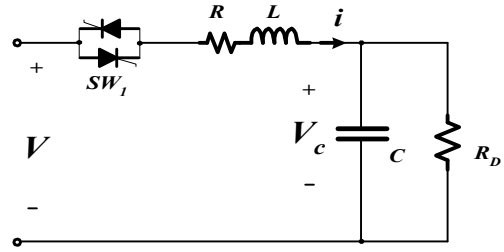
그림 4. 무효전력 보상용 가변 콘덴서구성  
Fig. 4. Construction of reactive power compensation condenser

그림 5는 대표적인 돌입전류 제한회로를 나타내고 있다.

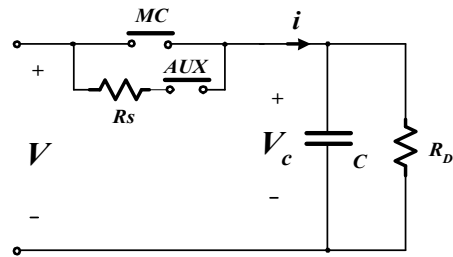
그림 5 (a)는 직렬 리액터 삽입형으로 일반적으로 돌입전류를 제한하기 위하여 직렬로 콘덴서 용량의 6%정도의 Reactor를 연결하고, 콘덴서 방전용 저항은 3분 지난 후 75%가 방전되도록 저항 값을 선정한다. 그림 5 (a)에서 방전저항은 해석상 무시할 수 있으며, 리액터는 Inductance 성분 이외에 저항성분도 갖게 되며 저항성분을 고려한 회로 방정식은 식 (4)와 같다.

$$V(s) = \left( R + Ls + \frac{1}{Cs} \right) I(s) + \frac{V_c(0)}{s} \quad (4)$$

단  $V_c(0)$  : SW1 온 시 콘덴서 초기전압



(a) 직렬 리액터 삽입형



(b) 억제저항 삽입형

그림 5. 돌입전류 제한회로  
Fig. 5. Circuit of limited inrush-current

입력전압을  $v = V \sin(\omega_0 t + \theta)$  라 하면 전류 해는 아래 식과 같이 된다.

$$i = I_m \sin(\omega_0 t + \theta - \phi) + I_m \frac{1}{\omega_n \sqrt{LC}} e^{-\alpha t} [\sin(\theta - \phi) \sin(\omega_n t - \phi) - \frac{1}{\omega_0} \cos(\theta - \phi) \sin(\omega_n t)] \quad (5)$$

$$\text{단 } I_m = \frac{V}{Z}, \quad Z = \sqrt{R^2 + \left( \omega_L - \frac{1}{\omega_C} \right)^2},$$

$$\alpha = \frac{R}{2L}, \quad \omega_n = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left( \frac{R}{2L} \right)^2},$$

$$\tan \phi = \frac{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left( \frac{R}{2L} \right)^2}}{R}$$

식 (5)에서 보아 알 수 있듯이 콘덴서 전류는 기본과 주파수 전류값이  $I_{ac}$ 로 식 (5)의 2, 3항을  $\omega_n$ 의 각속도로 진동을 하면서 감쇄하게 된다.

그림 5 (b)의 억제저항 삽입형에서 콘덴서 투입 시

에는 먼저 보조 스위치인 AUX 릴레이를 투입하고 일정시간 지연 후 MC 스위치가 투입되는 방식이다. AUX 릴레이 투입에 의한 제1차 돌입전류 최대치를  $R < 2\sqrt{L} < C$ 인  $R$ 에 대해서 근사적으로 다음 식으로 표시된다[9].

$$\frac{I_{1m}}{I_{Nm}} = \frac{1}{\sqrt{K_R^2 + (K_L - 1)^2}} \times \left\{ 1 + \frac{1}{\sqrt{K_L}} \exp\left(-H \tan^{-1} \frac{1}{H}\right) \right\} \quad (6)$$

단  $I_{1m}$  :  $S_1$  투입에 의한 최대돌입전류 파고치

$I_{Nm}$  : 콘덴서 정상전류 파고치

$$H = \frac{K_R}{\sqrt{4K_L - K_R^2}}$$

$$K_R = R / X_C$$

$$K_L = X_L / X_C$$

$$X_C = 1 / \omega C$$

$$X_L = \omega L$$

다음으로 삽입저항의 단락에 의해 발생하는 제2차 돌입전류의 크기를 구하기 위해 1차 돌입전류의 과도전류를 무시하고, MC 투입에 의한 감쇄효과를 무시하면 2차 돌입전류의 최대치는 다음식과 같이 된다[9].

$$\frac{I_{2m}}{I_{Nm}} = \frac{1}{1 - K_L} \left( 1 + \frac{K_R}{\sqrt{K_R^2 + (K_L - 1)^2}} \sqrt{\frac{1}{K_L}} \right) \quad (7)$$

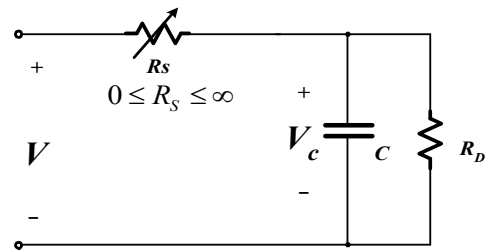
단  $I_{2m}$  : 제2차 돌입전류 최대치

돌입전류 최소 피크치를 갖기 위해서는 1차 돌입전류 최대치와 2차 돌입전류 최대치가 동일하도록 선정하면 된다.

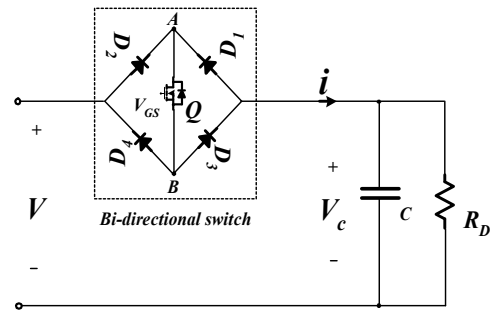
### 2.3 제안된 무효전력 보상장치

일반적으로 사용되는 방식은 소용량의 Reactor를 직렬로 구성하는 방식과 돌입전류의 억제수단으로서 개폐기와 억제저항을 갖는 방식은 점호각 시점 및

1차, 2차 돌입전류 등을 고려하여야 하는 제한 요소가 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 그림 6과 같이 스위치 소자의 선형영역의 사용으로 가변저항 구조에 의한 돌입전류 제한방식을 제안한다.



(a) 가변저항 구조에 의한 돌입전류 제한원리



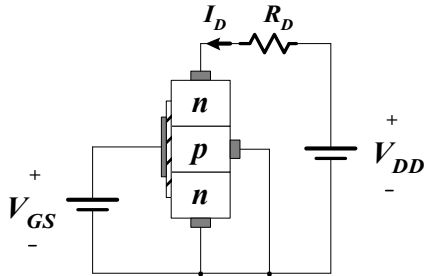
(b) 제안된 돌입전류 제한회로

그림 6. 가변저항 구조의 돌입전류 제한회로  
Fig. 6. Circuit of limited inrush-current by variable resistance structure

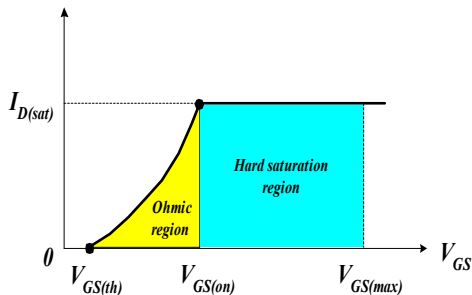
그림 6 (a)는 파워용 가변저항 구조에 의한 돌입전류방지 기법의 기본 원리이다. 만약 어떤 제어신호에 의해 순시저항을 제어할 수 있다면 콘덴서 투입 시는 고 저항으로 돌입전류를 방지하고 RC-시정수 후에는 Zero 저항으로 스위치 역할을 할 수 있을 것이다. 이러한 개념을 현실화한 회로는 그림 6 (b)와 같다. 그림 6 (b)에서 무효전력보상용 스위치를 다이오드 정류기와 FET 스위치 소자 1개로 양방향 스위치 소자로 구성하였으며 정방향 전류시는 D2-Q-D3의 전류패스를 형성하고, 역방향 전류시는 D1-Q-D4의 전류패스를 형성하게 된다. 양방향 스위치인 FET의 게이트-소스 전압을 제어하여 FET의 선형영역 사용으로 돌입전류

스위치의 선형영역을 이용한 무효전력보상기의 돌입전류 억제 방안

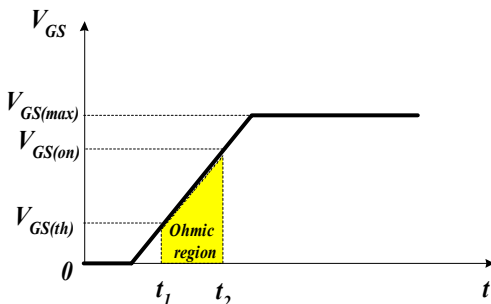
방지용 저항 역할을 하고, 포화영역 사용으로 스위치 역할을 하게 하였다. 그림 6 (b)의 FET의 선형영역 및 포화영역 구동원리를 나타낸 것은 그림 7과 같다.



(a) n-채널 MOSFET 바이어스



(b) n-채널 MOSFET 컨덕턴스 곡선



(c) 선형영역 사용을 위한 Gate신호

그림 7. FET  $V_{GS}$ 에 따른 스위칭 동작특성  
Fig. 7. Switching characteristics by  $V_{GS}$  of FET

그림 7 (a)는 n-채널 MOSFET 바이어스회로를 나타내고 있으며, MOSFET에서 드레인 전류를 형성하기 위해서는 게이트 소스전압인  $V_{GS}$ 가 n형 반전층을 형성하기 위한 문턱전압(threshold voltage)인  $V_{GS(th)}$ 보다 커야한다. 즉  $V_{GS}$ 가  $V_{GS(th)}$ 보다 작으면 드레인

전류는 영이 되고,  $V_{GS}$ 가  $V_{GS(th)}$ 보다 크면 n형 반전층이 소스와 드레인을 연결함으로써 드레인 전류가 흐른다. 이때 드레인 전류는 그림 7 (b)와 같이  $V_{GS}$ 에 인가되는 전압에 의해 제어된다. Gate전압이  $V_{GS(th)}$ 보다 크고  $V_{GS(on)}$ 보다 적을 경우 옴영역이 되며, 이 영역에서 스위치의 저항은 Gate전압의 크기에 의해 결정되며, Gate전압이  $V_{GS(on)}$ 보다 큰 영역은 활성화 영역으로 통상 스위칭 영역이라고 한다. 일반적인 전력전자 스위치 소자는 옴 영역이 존재하는 시간을 최소화하기 위해 상승시간이 매우 빠른 Gate 신호에 의해 활성화영역이 주가 되도록 스위칭하고 있다. 그러나 동기 발전기용 무효전력보상용 스위치는 그 동작주파수가 수 Hz 이내로 Gate 신호에 그림 7 (c)와 같이 Lamp형태로 인가하여 옴 영역 존재시간을 크게 하면 콘덴서 초기돌입전류 제한할 수 있다. 이 옴 영역의 존재시간은 콘덴서의 용량에 비례하게 설정하는 것이 바람직하다.

### 3. 시스템 구성 및 실험결과

#### 3.1 시스템구성

제안된 방식의 우수성을 기존 릴레이방식과 비교 검토하기 위해 기계적 방식에 대한 제어기와 릴레이 콘덴서 뱅크를 그림 8 (a) 및 그림 8 (b)와 같이 구성하였으며, 제안된 방식은 그림 8 (c) 및 그림 8 (d)와 같이 구성하였다.

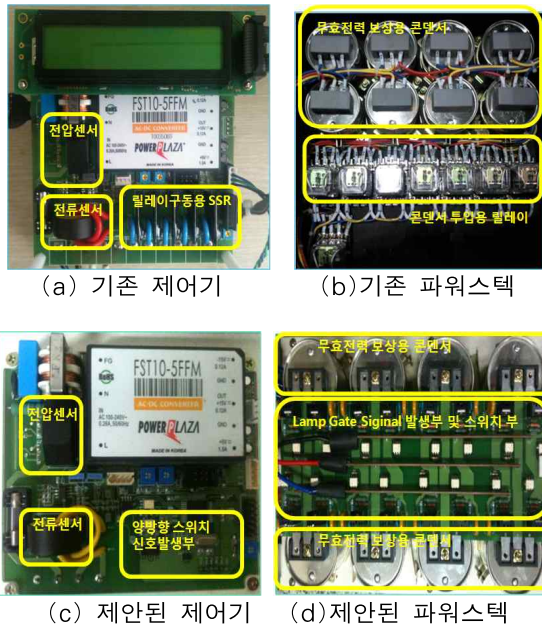
제안된 방식에서 기존 방식과의 차이점은 기존 방식의 릴레이 부분을 제거하고 Lamp형 Gate 발생부와 양방향 스위치부로 구성하였으며, 제어알고리즘은 두 방식 동일하게 적용하였다.

무효전력 보상용 콘덴서는 두 방식 모두 10uF 한 개와 20uF 7개로 구성하여 총 150uF 내에서 10uF 단위로 제어 가능하도록 구성하였으며, 기존 방식은 릴레이에 의해 선택하고, 제안된 방식은 양방향 스위치에 의해 선택하도록 하였다.

제어기는 AVR(Atmega128)을 사용하여 구성하였으며, 발전기 한 상에 대한 전압 및 전류를 계측하고 DFT(Discrete Fourier Transform)에 의해 상 전압의

실효치 및 상 전류의 유무효 전류를 검출하여 계측된 무효전력량이 최소가 되는 콘덴서 조합에 의해 콘덴서를 투입하게 하였다.

유도성 가변부하를 이용하여 실험하였다.



(a) 기존 제어기

(b) 기존 파워스택

(c) 제안된 제어기

(d) 제안된 파워스택

그림 8. 콘덴서 뱅크형 무효전력 보상장치  
Fig. 8. Condenser-bank type reactive power compensator

표 1은 무효전력 보상장치 사양을 나타내고 있다.

표 1. 무효전력 보상장치 사양  
Table 1. Specifications of reactive power compensator

기능	사양
선간전압	380V
보상용 콘덴서용량	10~150uF
무효분전류	12.44A
정격무효전력	8210Var
양방향 스위치용 FET	IRF830

실험 시스템의 구성은 그림 9에 나타내었다. 영구자석발전기는 3상 380V, 16A, 10kW급을 사용하였으며 발전기함 전단 상측에 무효전력 보상장치를 장착하였으며, 부하로는 역률 조정 및 유효전력 조정이 가능한



그림 9. 실험 시스템의 구성  
Fig. 9. Experimental equipment

### 3.2 실험결과 및 분석

그림 10은 양방향 스위치로 사용한 IRF830의 게이트 소스전압에 따른 드레인 전류 특성곡선을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이  $V_{GS(th)}$ 는 5V 이하가 되고 연속정격 전류는 5A, 펄스성 정격 전류는 20A가 된다.

스위치의 선형영역을 이용한 무효전력보상기의 돌입전류 억제 방안

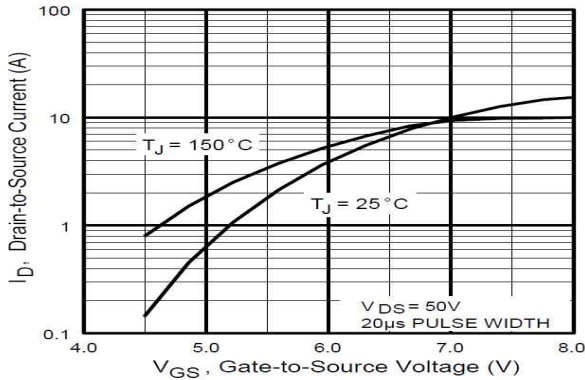


그림 10. IRF830의  $V_{GS}$ 에 따른  $I_D$  특성곡선  
Fig. 10.  $I_D$  characteristic curve of IRF830 to  $V_{GS}$

그림 11은 선형영역 사용을 위한 게이트 앰프회로이다. 게이트 전압 기울기는  $R_i$ - $C_i$ 를 이용한 근사 적분 회로를 사용하여 구현하였다.

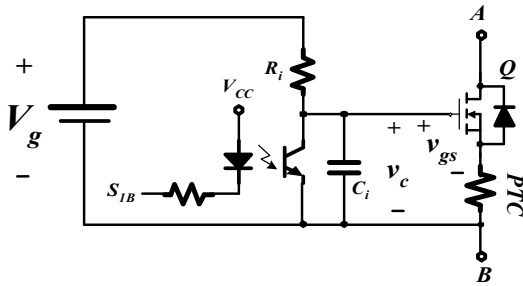


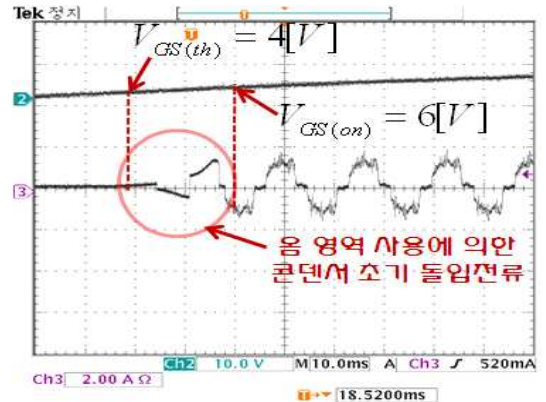
그림 11. 선형영역사용을 위한 게이트 앰프회로  
Fig. 11. Gate Amp. circuit for using linear region

그림 12는 콘덴서 뱅크형 무효전력보상기에서 콘덴서 투입 시 초기 돌입전류를 비교한 실험 결과이다.

그림 12 (a)는 기존 기계식 방식으로 릴레이 on 시 채틀링 현상과 돌입전류 피크치가 오실로스코프 측정 영역인 8A 이상으로 크게 나타난다. 그러나 제안된 방식은 Gate신호가 약 4V에서 문턱전압을 초과하여 음 영역으로 콘덴서 전류가 형성되며 게이트 전압의 증가와 함께 드레인 소스단 저항은 작게 되고 약 6V에서 활성화영역으로 진입하여 스위칭 영역이 됨을 알 수 있다. 그림에서 알 수 있듯이 음 영역은 약 22ms기간 동안 존재하여 콘덴서의 전류가 부드럽게 증가하여 콘덴서의 정격전류 이상의 초과분이 존재하지 않음을 알 수 있다.



(a) 기존 기계식 방식



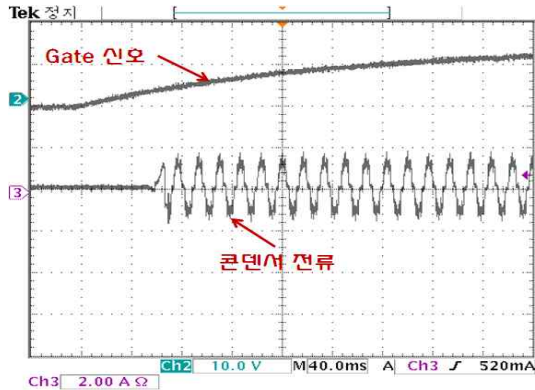
(b) 제안된 양방향 스위치 방식

그림 12. 초기 돌입전류 비교분석  
Fig. 12. Analyze of the inrush-current

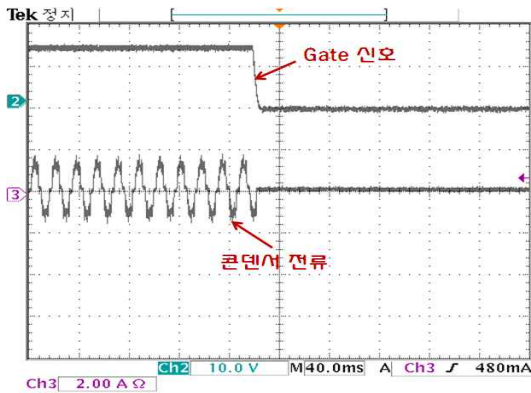
그림 13은 제안된 방식에서 전력용 콘덴서 투입 및 제거 시 특성분석 한 실험과형이다. 그림 13 (a)는 투입 시 특성파형으로 선형영역을 사용한 양방향 스위치로 인하여 전류는 콘덴서 1차 및 2차 공진 특성이 없이 R-C시정수 형태를 취하면서 형성되고, 그림 13 (b)는 콘덴서 제거 시 특성 파형으로 전류는 바로 소호됨을 알 수 있다.

만일 전류제한용 리액터를 설치한 상태에서 그림과 같이 강제 소호를 시킨다면 리액터의 저장에너지로 인하여 스위치 소자에 높은 전압이 인가되어 스위치 소자의 소손을 초래하지만 본 회로에서는 전류제한을 위한 별도의 리액터가 존재하지 않기 때문에 소호시에도 문제가 없다. 그림 13 (c)는 2.5초 단위로 10µF 콘덴서를 투입 및 제거를 연속으로 수행할 때 Gate 신

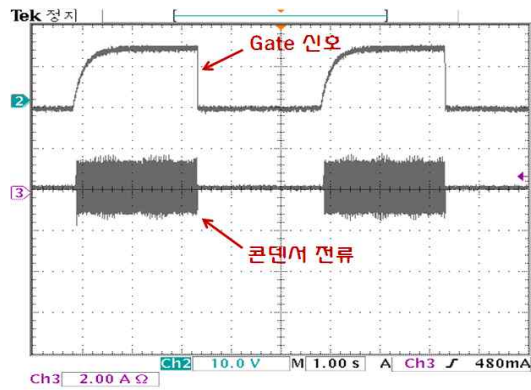




(a) 전력용 콘덴서 투입 시 특성



(b) 전력용 콘덴서 제거 시 특성



(c) 연속동작 시 특성

그림 13. 전력용 콘덴서 투입 및 제거 시 특성  
Fig. 13. Characteristics of condenser-bank on-off

호 및 콘덴서 전류를 나타내고 있으며, 파형에서 알 수 있는 바와 같이 연속적으로 콘덴서를 투입 및 제거하

는 경우에도 콘덴서 전류에는 과전류 발생이 없이 양호하게 유지됨을 확인하였다.

#### 4. 결 론

본 연구는 영구자석 발전기의 무효전력을 보상하는 TSC방식의 정지형 무효전력 보상장치에 관한 것으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 다이오드 정류기와 FET 스위치에 의한 양방향 스위치에서 Gate 전압 조절에 의한 스위치 소자의 드레인 소스 단을 가변 저항화에 대한 검증을 행하였다.
- Gate 전압 조절에 의한 스위치 소자 순시 저항화로 콘덴서 돌입전류 방지 기능 확인하였다.
- 본 연구에서 행한 스위치 소자의 가변 저항화는 영구자석 발전기의 무효전력 보상용 콘덴서의 적용가능성 확인하였다.
- 실제 10kW급 군용 영구자석발전기의 무효전력 보상용 콘덴서의 적용 결과 돌입전류가 콘덴서 정격전류 이하로 됨을 확인하였다.

제안된 방식은 무효전력 보상용 콘덴서뿐만 아니라 산업체 다양한 곳에 초기전류 제한기로써 사용이 가능할 것으로 사료된다.

이 논문은 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력 양성사업으로 수행된 연구결과임.

#### References

- [1] Abido, MA, Abdel-Magid, Y.L. "Power system stability enhancement via coordinated design of a PSS and an SVC-based Controller", IEEE International Conference on, Electronics, Circuits and systems, Vol 2, pp.850-853, Dec. 2003.
- [2] Phorang, K, Leelajindakraireak, M, Mizutani, Y, Damping Improvement of oscillation in power system by fuzzy logic based SVC stabilizer", IEEE/PES, Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002 Asia Pacific, Vol. 3, pp.1542-1547, Oct. 2002.
- [3] Dragan Jovic, Nalin Pahalawaththa, Mohamed Zawahir, Heba A. Hassan, "SVC Dynamic Analytical Model", IEEE transactions on power delivery, Vol.18, No. 4, pp.1455-1461, Oct 2003.

[4] S. Morimoto, M. Sanada, Y. Takeda, "Performance of PM assisted synchronous reluctance motor for high efficiency and wide constant power operation", IEEE Transaction on Industry Applications, vol. 37, no.5, pp.1234-1240, Sep-Oct 2001.

[5] Rossa, R, "Field-circuit analysis of load characteristics of stand-alone PM synchronous generator connected to R-L type load", IEEE Electrical Machines, 6-9 sept. 2008.

[6] S. Morimoto, M. Sanada, Y. Takeda, "Performance of PM assisted synchronous reluctance motor for high efficiency and wide constant power operation", IEEE Transaction Industry Applications, vol. 37, no.5, pp.1234-1240, Sep-Oct 2001.

[7] Jan machowski, Janusz W. Bialek, James R. Bumby, "POWER SYSTEM DYNAMICS Stability and Control".

[8] M.H. Rashid, Power Electronics, Circuits, Devices and Applications, Prentice Hall, 1993.

[9] JiHong jia, B. jeyasurya, "Contingency ranking for On-Line Voltage Stability Assessment", IEEE Trans. on Power Systems, Vol.15, No.3, Aug., 2000, 1093-1097.

◇ 저자소개 ◇



**박성미 (朴成美)**

1963년 6월 20일생. 1986년 전남대 계산통계학과 졸업. 2001년 전남대 컴퓨터공학과 졸업(석사). 2011년 전남대 컴퓨터정보통신공학과 졸업(박사).



**강성현 (姜聲賢)**

1984년 11월 15일생. 2012년 전남대 전기공학과 졸업. 2012년 3월~현재 전남대 전기공학과 석사과정.



**박성준 (朴晟濬)**

1965년 3월 20일생. 1991년 부산대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2002년 동 대학원 지능 기계공학과 졸업(박사). 1996년 3월~2000년 2월 거제대학 전기과 조교수.

2000년 3월~2003년 8월 동명대학 전기공학과 조교수. 2003년 8월~현재 전남대학교 전기공학과 교수.