

# 초전도 발전기를 갖는 전력계통의 안정도

원영진\*, 김석환\*\*, 서정윤\*, 백영식\*\*\*, 한송엽\*\*

\* 한국 전력공사 \*\* 서울대학교 전기공학과 \*\*\* 경북대학교 전기공학과

## The Stability of Power System Including Superconducting Generator

Y. J. Won, S. W. Kim, J. Y. Suh, Y. S. Baik, S. Y. Hahn

**ABSTRACT**—The superconducting generator has better efficiency, larger power, higher voltage, bigger power per weight ratio and bigger power per volume ratio than conventional machines. Furthermore, for the synchronous reactance of the superconducting generator is smaller than that of conventional ones, the capacity of power transfer is much larger than conventional machine. But, the low inertia constant of superconducting generator hurts the transient stability of power system. This paper deals with the comparisons of transient characteristics between superconducting generator and conventional generator by computer simulation.

### I. 서론

초전도 발전기는 현용 발전기에 비해 효율이 높고, 큰 출력과 고전압을 낼 수 있을 뿐 만 아니라 같은 출력일 경우 현용 발전기에 비해 무게와 부피가 작다는 장점을 가지고 있다. 그리고 초전도 발전기는 동기 리액턴스가 작으므로 전력계통의 안정화에 큰 도움을 준다. 반면, 초전도 발전기의 낮은 관성계수는 초전도 발전기가 포함된 계통의 과도 안정도를 저해하는 요인으로 작용한다. 이제까지의 논문에서는 주로 정성적으로 초전도 발전기와 현용기를 비교하여 초전도 발전기의 특성을 설명하였으나, 본 연구에서는 1기 무한모선 모델을 사용하여 현용 발전기와 초전도 발전기가 전력계통에 연결되어 있는 경우 각각의 동작 특성이 어떻게 되는지를 정량적으로 계산했다.

### II. 해석 모델

초전도 발전기와 현용 발전기의 과도특성을 비교하기 위해 그림 1과 같이 발전기가 송전 선로를 통해 무한모선에 연결되어 있는 경우를 생각했다. 이 상태에서 부하의 임피던스가 50%로 갑자기 변하는 경우를 가정하여, 이 순간부터 5초 간의 동작특성을 계산했다.

초전도발전기 모델은 이중차폐막을 고려한 7차모델을 사용하였으며, 초전도 발전기 자체의 특성을 파악하고자 AVR 과 governor는 취부되지 않은 것으로 하였다. 비교대상 현용 발전기는 제동권선만을 고려한 5차모델을 사용하였다. 계산을 위해 시뮬레이션 프로그램을 작성하였고, 시뮬레이션에 사용된 모델의 자세한 제원은 표 1과 같다.

표 1 해석모델의 제원

		현용기	초전도기			현용기	초전도기
초기조건	$P_n$	0.8	0.8	$X_q$ [pu]	0.8	0.5088	
	$Q_n$	0.6	0.6	$X_{ad}$ [pu]	1.0	0.5088	
	$V_t$	1.0	1.0	$X_{sa}$ [pu]	0.6	0.5088	
전원주파수		60 Hz	60 Hz	$X_{rfd}$ [pu]	1.1	1.6160	
출력		2 GVA	2 GVA	$X_{11d}$ [pu]	1.1	0.7334	
출력전압		30KV	30 KV	$X_{11q}$ [pu]	0.8	0.7334	
극수		2 극	2 극	$X_{rfd}$ [pu]	1.0	0.7334	
$R_a$ [pu]		0.0901	0.0901	$R_a$ [pu]	0.002	0.00149	
$X_s$ [pu]		0.2402	0.2402	$R_{11d}$ [pu]	0.02	0.00421	
H [KWS/KVA]		5.0	3.0	$R_{11q}$ [pu]	0.002	0.00421	
$X_d$ [pu]		1.2	0.5088	$R_{rfd}$ [pu]	0.001	0.00001	

### III. 해석결과

해석의 결과 그림 2 에서 그림 5와 같은 결과를 얻었다. 그림에서 가는 선으로 표시된 것이 현용기의 특성이며, 굵은 선으로 표시된 것이 초전도기의 동작 특성을 나타낸다.

그림에서 보는 바와 같이 현용기와 초전도기는 출력전력과 단자전압이 같더라도 초기의 운전 상태가 다르다. 그림에서 계통의 갑작스런 변화(사고)가 있는 경우 초전도기가 현용기에 비해 작은 변화를 나타내고 짧은 시간에 안정을 되찾는다는 사실도 알 수 있다. 특히 초전도기는 현용기에 비해 동기 리액턴스가 작으므로 같은 출력을 낼 경우 작은 부하각에서 운전되므로 계통의 안정도가 향상된다. 발전기의 출력은 식 1과 같이 주어지는데,  $E$ 는 발전기의 유효기전력,  $V$ 는 단자전압이다. 식 1에서 현용기와 초전도기의 출력곡선을 그려보면 그림 6과 같이 되어 등면적법으로부터 초전도 발전기가 현용발전기에 비해 안정도가 우수함을 알 수 있다.

$$P = \frac{EY}{X_d} \sin\delta \quad (1)$$

#### IV. 결론

본 논문에서는 현용 발전기와 초전도 발전기의 과도 특성을 비교하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 초전도발전기의 낮은 관성정수에도 불구하고 과도안정도는 향상됨을 보였다.
- 2) 상대적으로 초전도발전기의 부하각이 작으므로 계통 동요시 조속히 안정될 수 있다.
- 3) 향후 과제로는 초전도 발전기의 동특성 개선을 위한 AVR, governer 및 PSS의 제어상수의 결정 등이 있다.

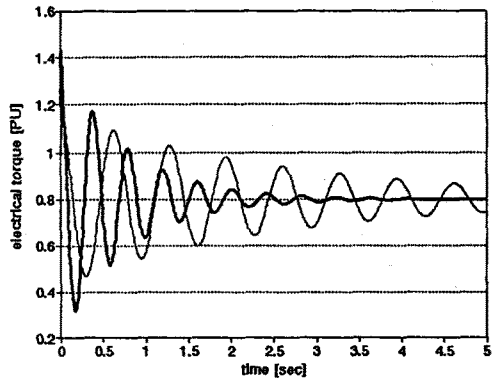


그림 3 전기적 torque의 변화

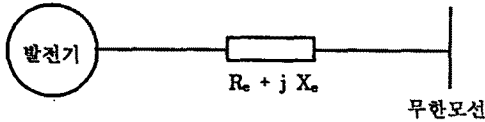


그림 1 발전기와 무한모선

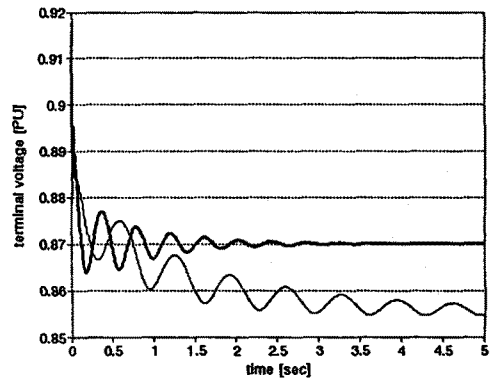


그림 4 단자전압의 변화

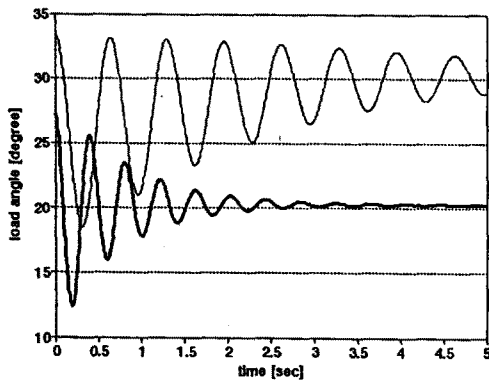


그림 2 부하각의 변화

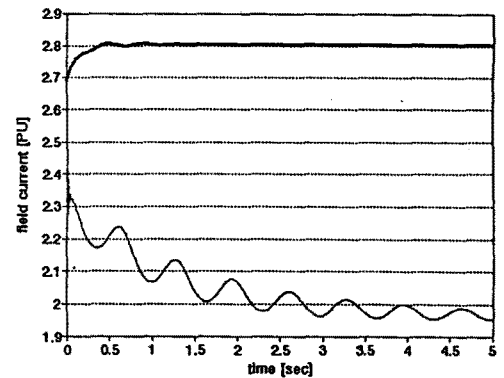


그림 5 계자전류의 변화

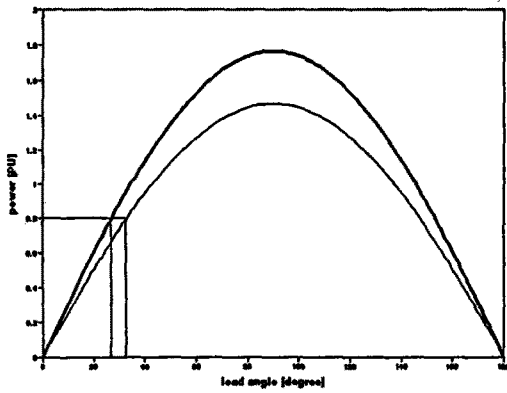


그림 6 발전기의 출력 특성 곡선

#### V. 참고문헌

- [1] I. Muta, S. Inadomi, "Comparison of Dynamic stability of Superconducting and Conventional Synchronous Alternators," *Electrical Engineering in Japan*, Vol. 100, No. 6, 1980
- [2] I. Muta, "Characteristics of superconducting synchronous generator with electromagnetic shield control," *Electric machines and Power Systems*, Hemisphere Publishing Co., pp 179-192, 1984.
- [3] P. M. Anderson and A. A. Fouad, "Power System Control and Stability," The Iowa state university press, 1977.
- [4] 배동진, "초전도 발전기의 설계이론 및 특성해석," 서울대학교 대학원 공학석사 학위 논문, 1990.