

계통전압(154kV)이 소내수전 무효전력에 미치는 영향 연구

전규남, 장문성, 남공혁, 정해정, 안주훈
한국수자원공사

A Study on the effect on reactive power transmitted to the power station
by Voltage(154kV) of Power System

Kyu-Nam Jeon, Moon-Soung Chang, Hyuk-Namgoong, Hae-Jung Jeong, Joo-Hoon Ahn
Korea Water Resources Corporation

Abstract - As a section of electric power system linked with Kepco was changed, the decrease in quality of the electric power transmitted to the Hapcheon hydraulic power station occurred. The actual state bring about the overheating and capability decline of electricity accommodation equipment. From now, let's improve the efficiency on the maintenance of generating equipment by studying about the cause and the method for this problem.

1. 서 론

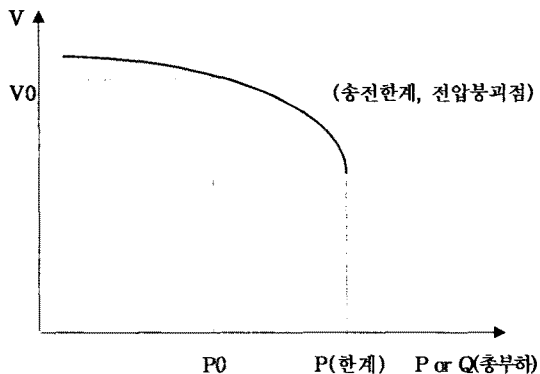
1989년 준공되어 154kV계통과 연계 운전중인 합천 제1수력 발전소의 소내수전 역율이 최근 급격히 저하되는 문제가 발생하여 수용가 유지 역율인 90% 이하로 저하됨에 따라 이에 대한 항구대책 마련이 절실히 필요하게 되어 근본적인 원인규명과 대책을 마련하고자 한다.

2. 본 론

2.1 개요

1) 전력계통에 부하가 증가되면 계통전압이 점차 감소하게 되며, 어느한계에 도달하게 되면 계통전압이 붕괴하게 되는데 이 한계를 **전압붕괴점** 또는 **전압안정도의 한계점**이라 한다.

다음 (그림1)의 P-U Curve 는 전압안정도(Voltage Stability)의 개념을 나타낸다.



(그림1) P-V curve

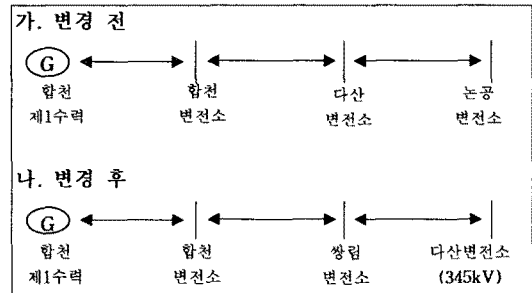
2) 계통전압(V0)과 총부하(P0)가 그림과 같이 정상적인 운전상태에서 하절기 냉방기(유도전동기) 부하의 급증 또는 계통의 적절한 지점과 시점에서 충분한 무효전력을 공급하지 못하면 계통전압이 저하되기 때문에 하절기에는 부하급증에 따른 전압보상을 위해 무효전력의 공급이 증가하게 된다.

3) 전력시장의 경쟁체제 도입으로 인하여 전력회사 입장에서 기존 전력설비의 이용률 향상을 통한 전력수송력의 증대는 설비투자에 미치는 영향이 매우크다. 이를 위해 전력회사에서는 송전전압의 격상과 유연송전 시스템 **FACTS(Flexible AC Transmission System)**의 도입 등 설비운용의 효율성을 증대시키기 위한 노력과 한전전력연구원을 중심으로 이에 따른 최적조류문제, 전압안정도, 각 모선에서의 전압 개선을 위한 적정 무효 전력 공급방안 등의 연구가 활발히 진행되고 있다.

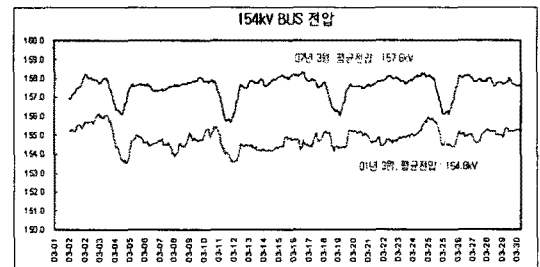
2.2 검토사항

2.2.1 : 한전전력계통 일부변경 (154kV ⇨ 345kV)

합천수력발전소와 한전 연계 전력계통이 기존의 154kV계통에서 일부구간이 345kV 계통으로 변경되었고, 그 시점부터 154kV연계구간의 **평균전압이 2.8kV가 상승**되었다.



(그림2) 한전전력계통 일부변경



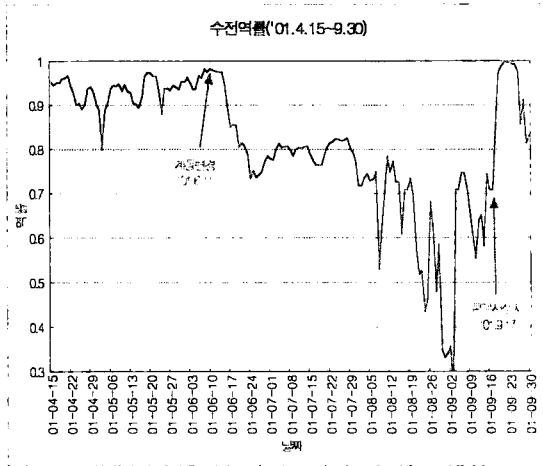
(그림3) 154kV 전압변동 그래프

2.2.2 : 한전전력계통 일부변경 후 수전역을 저하

계통전압이 상승된 뒤부터 수전역율이 평균 90%대에서 60%대로 저하되기 시작하였다.

구분	4월	5월	6월	7월	8월	비고
역율(%)	91.96	91.77	90.98	78.07	64.76	역율이 90%~60%로 떨어짐

[표 1 . 계통변경 후 수전역을 변화('01년)]



(그림4) 수전역을 변화그래프

2.2.3 : 수전역을 저하 원인분석

합천수력발전소의 주변압기(55MVA)를 통해 154kV를 수전하여 소내부하(100~300kVA)를 담당하는 경우, 수전역율의 변화는 유도성부하 즉, 주변압기 및 소내변압기에 의한 무효전력수전이 원인인 것으로 판단된다.

일반적으로 변압기의 무부하손은 와전류손, 히스테리시스손, 유전체손이다. 이중 무부하손의 대부분은 철손인 와전류손과 히스테리시스손이므로 본 연구에서는 이에 대한 것을 다루기로 한다.

변압기 유기기전력 일반식 은

$$E_1 = 4k_1fN_1\phi_m = 4k_1fN_1ABm [V]$$

- E_1 공급전압 V에 의하여 발생하는 변압기의 유기기전력[V]
- k_1 파형률(정현파의 경우 $k_1=1.11$)
- f 공급주파수[Hz]
- N_1 권수[Turn]
- A 자기회로의 단면적
- B_m 자속밀도[wb/m²]

히스테리시스손(Hysteresis loss) Ph 는

$$Ph = \phi_h \cdot f \cdot B_m^2 = \phi_h \cdot f \cdot (E_1/4k_1fN_1A)^2 [W/kg] \dots \dots \dots$$

ϕ_h : Material constant
 n : C.P. Steinmetz constant(1.6 ~ 2.5, 당초:1.6)

와전류손(Eddy current loss) Pe 는

$$Pe = \phi_e \cdot (k_1fB_m)^2 = \phi_e \cdot (E_1/4N_1A)^2 [W/kg] \dots \dots \dots \phi_e$$

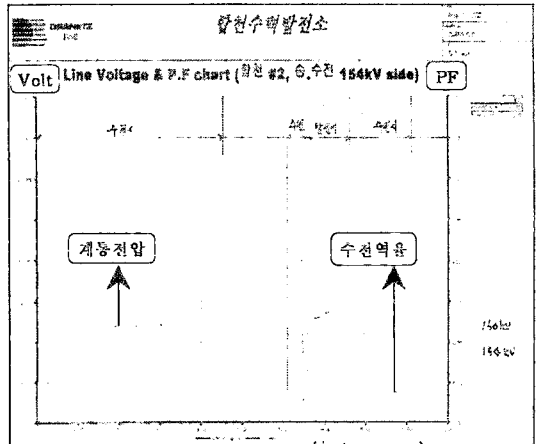
ϕ_e : Material constant

따라서 철손(무부하손) Ph+e 는 $\phi_h + \phi_e$ 로서

$$Ph+e = \phi_h \cdot f \cdot (E_1/4k_1fN_1A)^2 + \phi_e \cdot (E_1/4N_1A)^2 [W/kg] \dots \dots \dots$$

위 식에서 히스테리시스손은 공급전압의 n승(1.6~2.5)에 비례하여 증가하며 주파수 증가시 감소하고, 와전류손은 공급전압의 제곱에 비례하여 증가해진다. 또한 이 중 무효부분은 일반적으로 유효부분의 5~20배에 이르나, 자속밀도의 변화 즉, 공급전압의 변화에 대하여 유효부분보다 민감하다.

합천수력발전소에 인가된 계통전압과 수전역율과의 반비례관계를 Monitoring한 다음의 자료(그림5)에서도 계통전압 증가에 따른 수전역율의 변화 추이를 확인할 수 있다.



(그림5) 수전역을 변화그래프

3. 결 론

앞에서 살펴본 바와 같이 합천수력발전소의 역율저하는 한전측 전력계통변화에 따른 전압상승으로 주변압기 무부하손이 증가하고, 그에 따른 수전무효전력이 급증함으로써 역율이 저하된 것으로 검토되었다.

한전계통의 정부하시 전압운영기준은 약 152~160kV(1.038~0.987p.u)이며 합천수력발전소 수전전압은 기준전압 범위내이나, 주변압기의 정격전압이 154kV로서 계통전압의 상승으로 인한 손실 증가는 불가항력적인 사항이며, 발전시 마다 발전설비 보조기가 접속된 소내 전원을 22.9kV Line에서 154kV Line으로 변경 수전 후 발전에 임하므로, 주변압기 무효손 손실이 커지나 이에 능동적으로 대처하기는 곤란한 실정이다. 따라서 소내역율을 개선코자한다면 역율개선용 콘덴서 설치 등 설비도입을 통한 대처가 가장 최선이라 할 것이다.

또한, 최근 들어 전력시장에 경쟁체제가 도입되면서 전력회사에서 계통의 효율적 운영을 위한 점진적인 계통개선(전압격상, 최신기기 도입 운영, 선로변경등)을 수행하고있으나, 그 과정에서 수용가에 미칠 영향과 그 대책에 대하여 수용가의 입장에서 접근하려는 노력이 요구된다 하겠다.

- 참고문헌 -

- [1] 조성봉 외 지음, "전력산업 구조개편에따른 전력시장 역할의 검토", 한국경제연구원, P92, 2002
- [2] Jack Casazza 지음, 장길수 옮김, 전력시스템의 이해, 교우사, P214, 2007
- [3] 산업자원부, "전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준", 2005
- [4] 송길영 지음, "최신 송배전공학", 능일출판사, P614, 2004
- [5] Stephen J.Chapman, "전기기기", 한국맥그로힐, P713, 2004