

양수발전소 SFC(정지형 주파수 조정장치) 정밀진단 사례

천영식*, 박연출**, 김상돈***, 김중서****, 임영출*****
 한전KPS(주) 기술연구원*,**,* ***,****,*****

Precision diagnosis for SFC(Static Frequency Converter) abnormal operation in Pumped Storage power plant.

Young-sig Cheon*, Yun-chool Park**, Sang-don Kim***, Jong-seo Kim****, Young-chul Lim*****
 KPS(Korea Plant Service & Engineering)*,**,* ***,****,*****

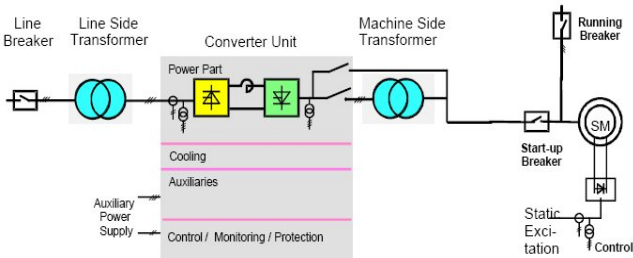
Abstract - 양수 발전소에서 운전되고 있는 SFC에서 양수모드 운전시 간헐적으로(1회/1-3개월) 승속실패(승속실패 시점은 대략 정격속도(300RPM)의 10%인 30RPM 전,후) 사례가 발생하나 SFC 제어 창에는 Alarm이나 Trip 관련 경보가 전혀 발생되지 않는 등 비정상 운전임에도 불구하고 원인을 파악할 수 있는 관련 정보를 취득할 수 없는 상황에서 SFC를 포함하여, 관련되어 운전되는 AVR, 인터페이스 판넬등에 대하여 정밀점검을 시행하고, 원인을 규명함과 동시에 정상화 시킨 진단 사례임.

1. 서 론

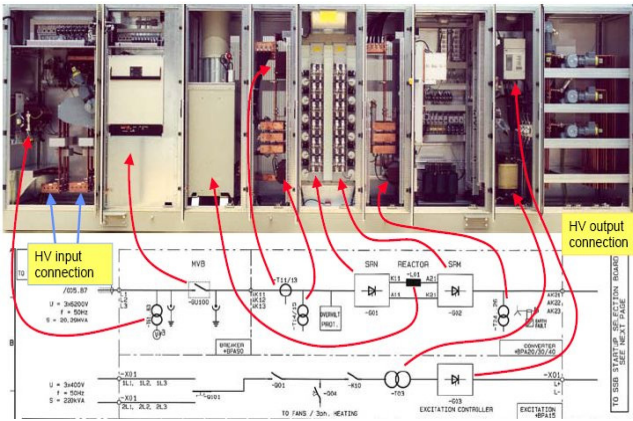
SFC는 Static Frequency Converter의 약자로, 양수발전소에서는 발전기(PG)를 전동기로의 기동, 가속 및 정격 속도에서의 운전에 사용하는 설비로, 가변 주파수로 Stator에 공급되는 전류를 제어함으로써 전동기의 속도를 제어한다. 또한 이 설비는 발전 및 양수 운전 후 정지시 기기에서 발생하는 기전력을 전력 계통으로 공급하는 형식의 회생 제동에 의해 기기의 정지 시간을 단축시키고 Energy도 효율적으로 활용토록 하는 장치이다.

2. 본 론

2.1 SFC 비정상 운전 현황



<그림 1> SFC의 구성

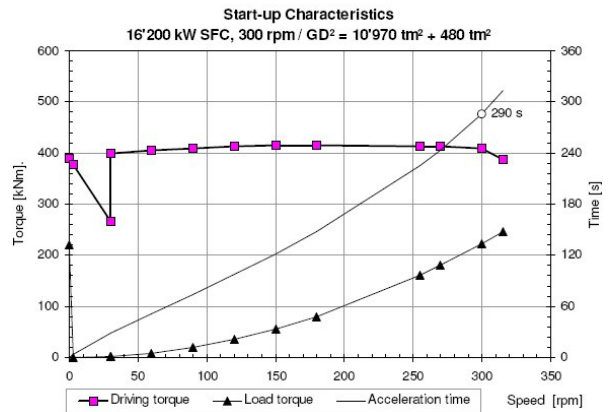


<그림 2> 도면과 판넬 구성

2.1.1 SFC 설계특성

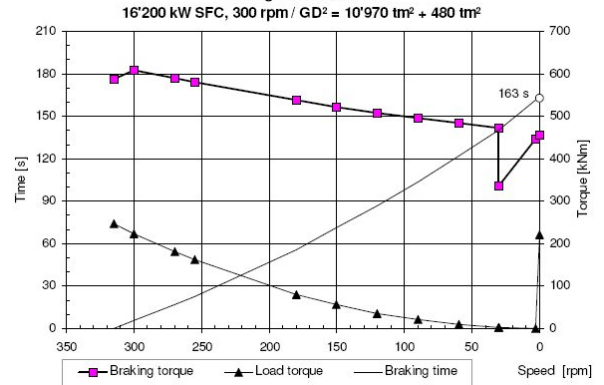
(1)기동 특성

Torque-Speed Characteristic



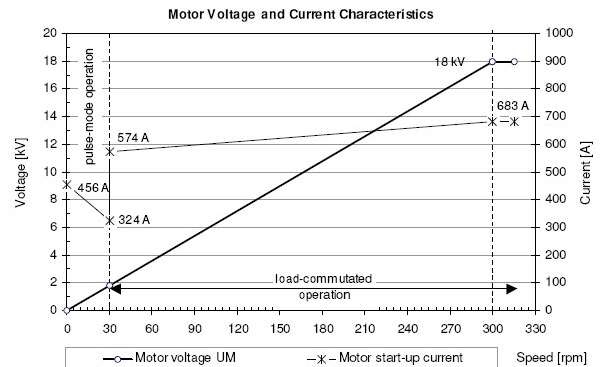
(2)브레이킹 특성

Braking Characteristics

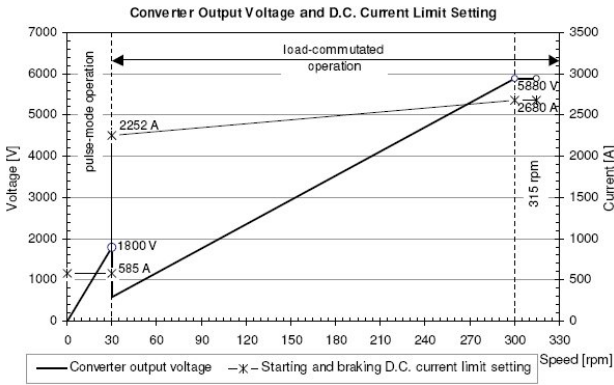


(3)전동기 전압-전류 특성

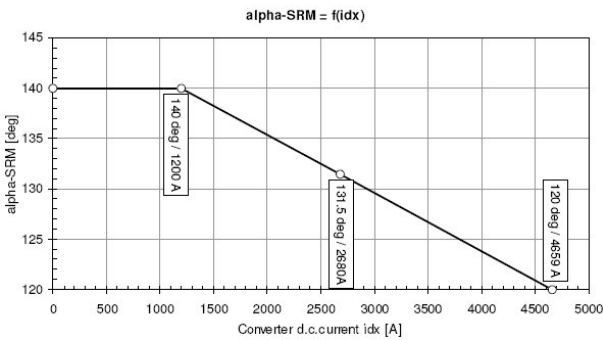
Machine Characteristics



(4) 컨버터(Converter) 특성
Converter Characteristics



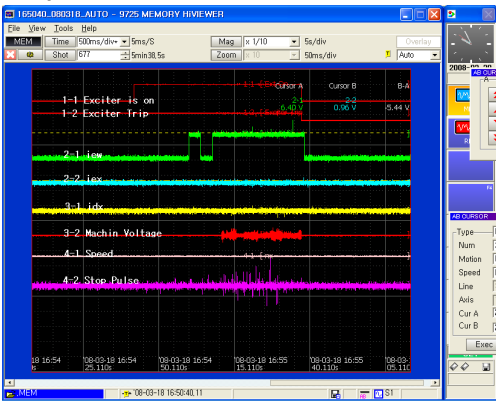
(5) 점화각 제어특성
Control Characteristic



2.2 운전상태 점검

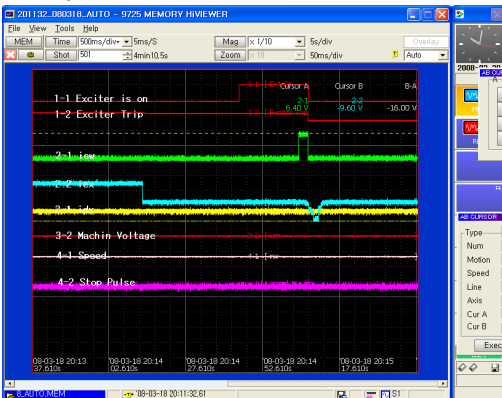
2.2.1 기동시 비정상 운전상태 분석

(1) #1호기



〈그림 3〉 #1호기 기동특성(비정상)

(2) #2호기

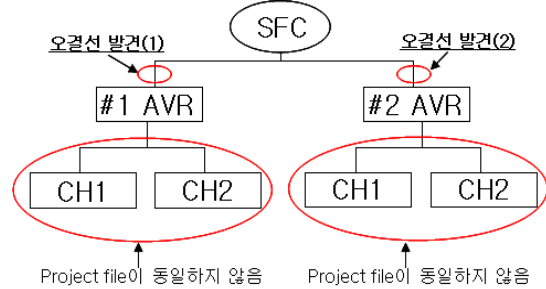


〈그림 4〉 #2호기 기동특성(비정상)

위 <그림 3>과형에 나타난 2-1 iew 신호는 SFC로부터 발생해 AVR로 보내어 지는 설정값인데 이 신호에 대한 피드백 신호인 2-2 iex는 전혀 변화가 없는 상태이며, <그림 4>과형의 경우 2-1 iew 신호가 발생하지 않음에도 피드백 신호인 2-2 iex가 극성이 반대인 형태로 발생하고 있어 이를 앞의 2.1.1 설계특성 중 (1)기동특성에 비교해 볼 때 #1,2호기 모두 SFC의 Demand 신호에 무관하게 운전되는 것을 확인할 수 있다. 이러한 형태의 고장 원인으로 SFC와 AVR간의 신호전달에 결함이 있음을 예상할 수 있다.

2.2.2 원인 분석

(1)SFC 와 AVR의 운전모드 분석



〈그림 5〉 SFC 와 AVR 간 신호전달 상태 점검 결과

○ 각 모드별 운전 현황

- 가. SFC→#1AVR→CH1모드: iew에 의해 여자전류 공급
- 나. SFC→#1AVR→CH2모드: iew에 무관, AVR MANUAL 설정값에 의해 여자전류 공급
- 다. SFC→#2AVR→CH1모드: iew에 무관, AVR MANUAL 설정값에 의해 여자전류 공급
- 라. SFC→#2AVR→CH2모드: iew에 의해 여자전류 공급

위와 같은 운전상황으로 보아 #1호기 AVR과 #2호기 AVR 모두에서 CH1, CH2의 Project file이 서로 다르게 설치되어 있는 것으로 판단되며, 결과적으로 위의 운전모드 (나)와 (다)의 경우에는 별 문제없이 기동되었을 것으로 보이며, 운전모드 (가)와 (라)의 경우에는 SFC에서 AVR로 전달되는 신호선의 오결선으로 인해 비정상 운전의 형태를 보인 것으로 판단되었다.

(2)오결선 분석

○ #1호기 SFC iew 신호전달 불량 원인

	SFC		AVR	
iew	e303_(6)(10v)	←	u15_j+	전압소스
	e303_(5)(0v)		u15_j-	
iex	e303_(11)(10v)	→	x35_15	전류측정
	e303_(18)(0v)		x35_16	

위의 적색 □박스안 결선이 서로 바뀌어 있어 신호의 극성이 반대로 전달되고 이로 인해 #1호기 AVR이 CH1이 선택된 상태에서는 기동되지 않았다. 그래서 기동되지 않았음에도 SFC 경보창에는 경보발생이 전혀 없었으며, 만일 이때 AVR이 CH2로 선택되어 있었으면 정상 기동 되었을 것으로 확인 되었다.

○ #2호기 SFC iex 피드백 신호전달 불량 원인

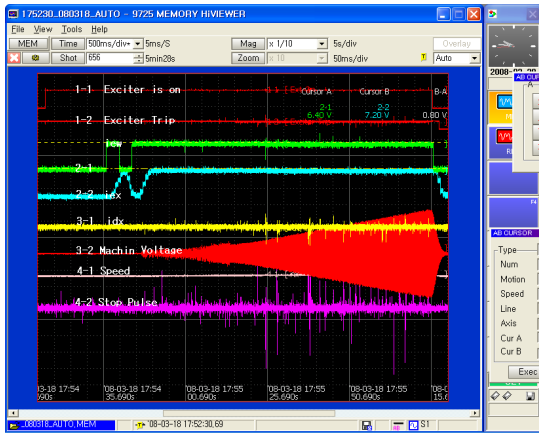
		Switching	Device	
iex	Ry 12(71, 72)	→	Ry 12(67, 68)	1호기 측
		→	Ry 12(69, 70)	2호기 측

위의 적색 □박스안 결선이 서로 바뀌어 있어 신호의 극성이 반대로 전달되고 이로 인해 #2호기 AVR이 외부TRIP(87계전기) 신호에 의해 TRIP이 반복되었으며 이때는 #2 AVR의 CH선택이 1이든 2이든에 관계없이 보호동작으로 TRIP됨을 확인하였다.

2.2.3 조치사항

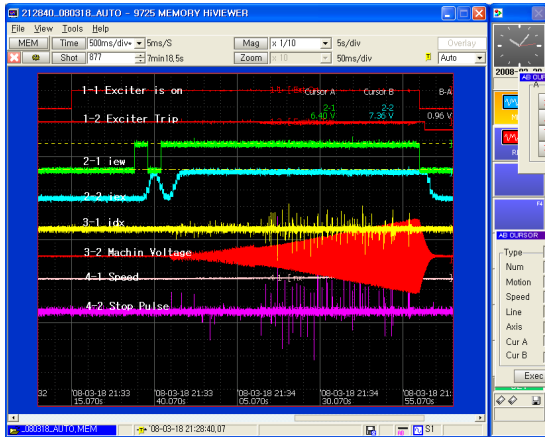
1호기에서는 SFC에서 AVR로 전달되는 Demand 신호선 결선이 AVR 측 터미널 단자에서 뒤바뀌어 정상화하였으며, 2호기에서는 SFC iex 피드백 신호선의 결선이 Switching Device 관벨 내 터미널 단자에서 뒤바뀌어 정상화시켰다. 이 두 가지 결함은 Cable의 식별번호가 도면과 불일치하여 발생한 것으로 도면을 기준으로 Cable의 식별번호를 변경하였다.

2.3 정상화 조치 후 기동시험
 2.3.1 기동시 정상 운전상태 분석
 (1) #1호기



<그림 6> #1호기 기동특성(정상)

(2) #2호기



<그림 7> #2호기 기동특성(정상)

위 #1,2호기 모두에서 기동시 파형에 나타난 2-1 iew 신호는 SFC로부터 발생해 AVR로 보내어져 이 신호에 대한 피드백 신호인 2-2 iex의 신호가 정상적으로 피드백 되어 정상동작하고 있음을 보여주고 있다.

3. 결 론

이번 양수발전소의 P/G 기동시 비정상 운전의 원인으로서는 SFC와 AVR 간의 신호선의 오결선 이었는데 이러한 문제점이 시운전기간을 경과하여 지금에서야 해결된 이유를 살펴보면 발전소에서 사용하고 있는 도면과 실제 시공된 상태가 일치하지 않아 도면을 기준으로 삼아 업무에 임하는 운전 및 정비원들로 하여금 원인파악에 심대한 방해요소로 작용하였다. 이번 사례를 통하여 얻을 수 있는 교훈으로 아무리 우수하게 설계된 설비라 할지라도 완벽한 시공 없이는 그 기능을 발휘하지 못하므로 건설당시 부터 시공관리가 엄격하게 시행되어야 한다는 점을 지적하지 않을 수 없으며, 또한 현장 설비의 변동 상태가 도면에 즉시 반영되어 정비이력관리가 철저하게 이루어 져야 완벽한 정비와 운전의 신뢰성을 담보할 수 있다는 결론을 얻을 수 있었다.

[참 고 문 헌]

- [1] ABB도면 "AVR SYSTEM SCHEMATIC DRAWING"
- [2] ABB도면 "PROTECTION SINGLE LINE DIAGRAM"
- [3] ABB도면 "AVR SYSTEM SCHEMATIC DRAWING"
- [4] ABB도면 "SFC SYSTEM SCHEMATIC DRAWING"
- [5] ABB 매뉴얼 "SFC 운전 및 정비 매뉴얼"
- [6] CHDOMAU, ABB, LCI-DRIVE-Theorie-V3, 2005. 2.23