

양양양수 온라인 무효전력 운전범위 시험과 과여자제한기(OEL) 동특성 시험

論 文

56-8-1

On-line Tests of on the Yang-Yang Pumped Storage Plant for the Reactive Power Limits and the OEL Dynamics

金 東 俊[†] · 文 英 煥^{*}

(Dong-Joon Kim · Young-Hwan Moon)

Abstract - This paper describes the tests on the reactive power output limit and the Over-Excitation Limiter (OEL) dynamics of a generation unit. The suggested test methods on reactive limit can identify the allowable maximum/minimum reactive power at 100% rated MW in the steady-state unit operation condition. The on-line OEL test method can identify the time characteristics of OEL with the generation output at 50% of the rated MW. These methods are validated by applying to four Yang-Yang pumped storage units with 282 rated MVA each.

Key Words : Over-Excitation Limiter, On-Line Reactive Limit Test, On-Line OEL Dynamic Test

1. 서 론

최근 대형 정전사고는 정확하고 최신의 전력계통 동적 모델 데이터의 중요성을 부각시키고 있다. 최신 발전설비의 정확한 동적 모델 데이터는 계통운용과 계획에 매우 중요한 수단이 되고 정전사고를 미연에 방지하고 최적으로 설비를 투자하는데 필요하다. 특히 발전기 온라인 무효전력 운전범위 시험(On-line Reactive Limit Test) 데이터와 과여자 제한장치(Over Excitation Limit, 이하 OEL)에 관한 동적 특성 데이터는 발전기의 동적 모델링을 위하여 중요하게 부각되고 있다.

기존의 발전설비 무효전력 모델 데이터 취득방법은 제작사에서 제공하는 무효전력 용량곡선(Capability curve) 설계치를 참고하는 것이었다. 그러나 계획단계에서 제작사에서 제공하는 무효전력 용량곡선을 이용할 경우 해석결과는 실제보다 더 양호한 결과를 제공하기 때문에 예기치 않은 계통상황에서는 정전사고가 파급될 우려가 있다. 발전기가 허용할 수 있는 정상상태 무효전력 운전범위는 용량곡선에 제시된 값보다 다른 요인에 의해서 제한을 받는다. 이러한 이유로 최근에는 온라인 상태에서 발전기의 무효전력 운전범위를 확인하는 시험이 시작되고 있다. 마찬가지로 OEL 동특성 시험도 제작사의 데이터에 의존하고 있으나 정확하지 않으며, 이 OEL 동특성 시험은 온라인 상태에서 시험하는 것이 매우 어렵다. 따라서 오프라인에서 자동전압제거기(Automatic Voltage Regulator, 이하 AVR)만 전원을 입력

하여 간접적으로 확인하는 정도의 초기연구가 진행되어 오고 있다. 그러나 오프라인에서 확인된 OEL 동특성 시험은 AVR만 따로 분리하여 특성을 확인하기 때문에 실제 온라인 상태의 OEL 특성과 다를 수 있다.

전력계통에서 운전 중인 발전기의 온라인 무효전력 운전범위 시험은 발전기의 정격 MW출력 (즉, 정격 MVA*정격역률) 조건에서 최대·최소로 공급할 수 있는 무효전력을 확인하는 시험이다. 전력계통 전압상황이 매우 높거나 낮은 경우는 OEL의 한계치에 의하여 무효전력의 출력이 제한될 수도 있다. 그러나 대부분의 경우 정상상태 무효전력 한계는 발전기 정격 MW출력에서 정해진 정격 무효출력, 혹은 발전기 단자 모선의 과·저전압에 의해 제한 (통상 정격전압의 $\pm 5\%$)을 받는다. 뿐만 아니라 발전기가 접속된 인근 전력계통의 전압 상황이 시험하기에 적합하더라도 발전기 정격 Mvar 출력범위 내에서도 발전소내 계통의 최대·최소 유지전압 조건에 의하여 무효출력이 제한을 받을 수 있다. 기존의 방법은 무효전력 용량곡선을 근거로 하여 무효전력 운전범위를 간략적으로 확인하는 것이다. 따라서 복합적으로 발전기 무효전력 출력이 제한되는 경우에는 정확한 무효전력 출력범위를 확인하기 어렵다. 제안된 온라인 무효전력 운전범위 시험방법을 이용하면 위에 언급한 여러 제한 요인을 동시에 고려하여 실제 발전기가 정상상태에서 연속 출력할 수 있는 무효전력 범위를 정확하게 확인할 수 있다.

한편 OEL의 동특성은 과도상태에서 동작하는 무효전력 한계특성이다. OEL 동적 특성은, 과부하시 전력계통에 사고가 발생할 경우 매우 중요하며 그 특성을 정확히 파악하여 적절히 대처하지 않을 경우 정전사고를 유발할 수 있다 [1,2]. OEL은 시간특성이 중요한데 정상적인 운전 상태에서 그 특성을 파악하는 것은 거의 불가능하다. OEL 설정치는 보통 정격 계자전류의 110% 정도로 설정되며 큰 외란이 발생하지 않으면 이 OEL 설정치에 도달하지 않는다. 그러므

[†] 교신저자, 正 會 員: 韓國電氣硏究員 先任硏究員, 工博

E-mail: djkim0419@kiee.or.kr

^{*} 正 會 員: 韓國電氣硏究員 電力硏究團 團長, 工博

接受日字: 2007年 1月 8日

最終完了: 2007年 6月 23日

로 OEL 동적 특성 시험을 위해서는 발전기 계자전류가 인위적인 외란 발생 후 과도상태에서 OEL 최소 계자전류 설정치를 초과 하도록 해야 한다. 그동안 오프라인 시험에서는 AVR에만 전원을 인가하여 간접적으로 OEL에 신호를 입력하여 점검하는 방법을 사용하여 왔다. 그러나 오프라인에서 OEL을 시험하는 기존의 방법은 발전기, 여자기, 그리고 계통 등이 고려되지 않기 때문에 정확성이 떨어지고 실제 온라인 상태에서 어떤 특성이 나타날지 확인하는 것이 어려웠다. 제안된 온라인 OEL 특성시험 방법은 발전기의 병입운전 상태에서 OEL 동특성을 직접 확인할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 발전기의 정상운전 상태에서 온라인 발전기 무효전력 운전범위 시험과 OEL 동적 특성 파악을 위하여 현실적이면서도 효과적인 시험방법을 제안하고 제안된 방법을 국내 최초로 양양양수 발전기 현장시험에 적용하여 그 유효성을 확인하였다.

2. 무효전력 운전범위 시험과 OEL 시험

2.1 무효전력 운전범위 시험

정상상태 무효전력 운전범위 시험은 발전기가 계통에 병입된 상태에서 발전기 정격 100% MW 출력조건 즉, (정격 MVA*정격역률)에서 실시한다. 이 시험은 최소 무효전력 운전범위 시험과 최대 무효전력 운전범위 시험으로 이루어진다. 특히 이 시험에서 중요한 것은 최대 무효전력 운전범위 시험으로서 발전기 정격 MW출력조건에서 정격 역률에 해당하는 무효전력을 연속해서 출력할 수 있는가를 그림 1과 같이 확인하는 것이다. 정격역률에 해당하는 정격 100% Mvar를 확인하는 것은 발전소의 위치, 계절 및 운전시간대, 발전기 승압변압기 탭 설정치, 발전단지 소내 전압, 현장 시

험시의 계통 조건 등에 영향을 받는다. 따라서 현장 시험시 당시 계통조건에 따라 정격 100% 무효전력 범위가 현장에서 확인되지 않을 수 있다.

2.1.1 최소무효전력 운전범위 시험

최소 무효전력 운전범위 시험은 정격 100% MW 출력에서 최소 Mvar 출력능력을 확인하는 것이다. 제안된 최소 무효전력 운전범위 시험은 그림 2와 같다. 이때 제한 요소는 단자전압 95% 이상, 정격 역률의 Mvar, 저여자 제한장치 (Under Excitation Limiter, 이하 UEL) 설정치, 또는 소내 저전압 등이다. 이러한 제한 값에 도달하면 이때의 값이 최소 무효전력 운전범위가 된다. 따라서 시험 할 때 발전기 인근계통 전압 조건에 따라서 최소 무효전력 운전범위는 달라질 수 있다. 보통 낮에는 계통전압이 높고 밤에는 계통전압이 낮다. 그리고 최소 무효전력 운전범위 시험에서 최소 무효전력 운전점이 측정할 경우 그 시점에서 제한 요소를 기록하는 것이 필요하다. 최소 무효전력 운전범위 시험은 최대 무효전력 운전범위 시험처럼 15분간 운전하지 않고, 단지 최소 무효전력 운전점만 확인하고 정상전압으로 환원한다. 일반적으로 발전기의 고정자 권선단 철심의 온도상승과 정태안정도 등의 이유로 정격 출력에서 무효전력을 진상으로 운전하지 않고 있다.

2.1.2 최대무효전력 운전범위 시험

최대 무효전력 운전범위 시험 방법은 그림 3과 같다. 발전기 고정자 단자전압의 제한 값은 105 %이내로 한다. 시험 방법은 발전기 정격 100% MW 출력에서 단자전압을 조정하여 정격 100% Mvar 출력이 될 수 있도록 단자전압을 천천히 상승시키도록 한다. 이때 고정자 단자전압을 상승하면

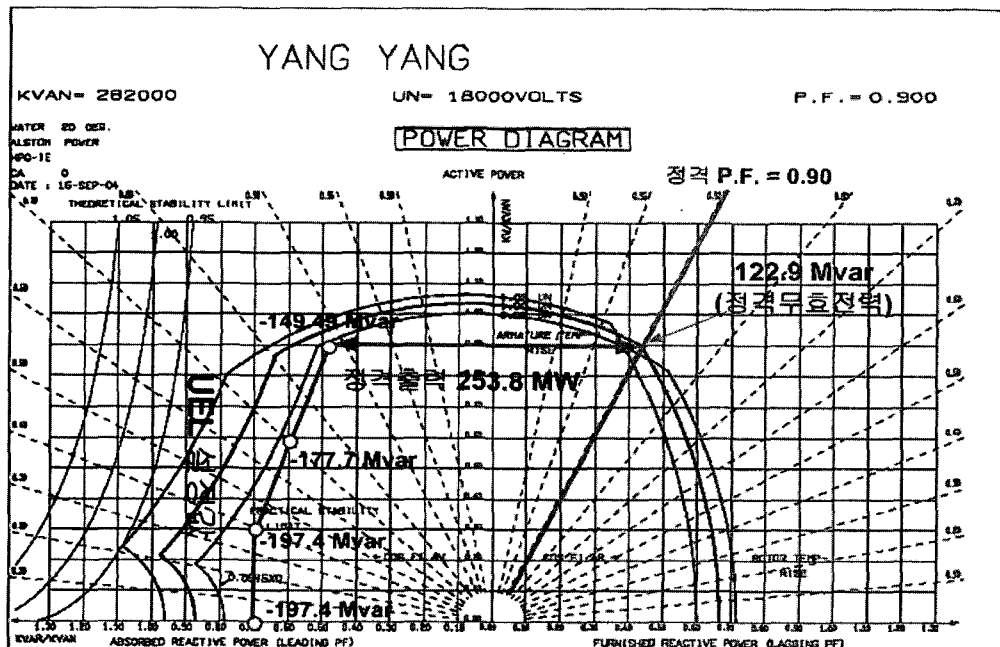


그림 1 양양양수 발전기 무효전력 공급능력 곡선과 UEL 제한치
Fig. 1 Yang-Yang Capability curve with UEL limit

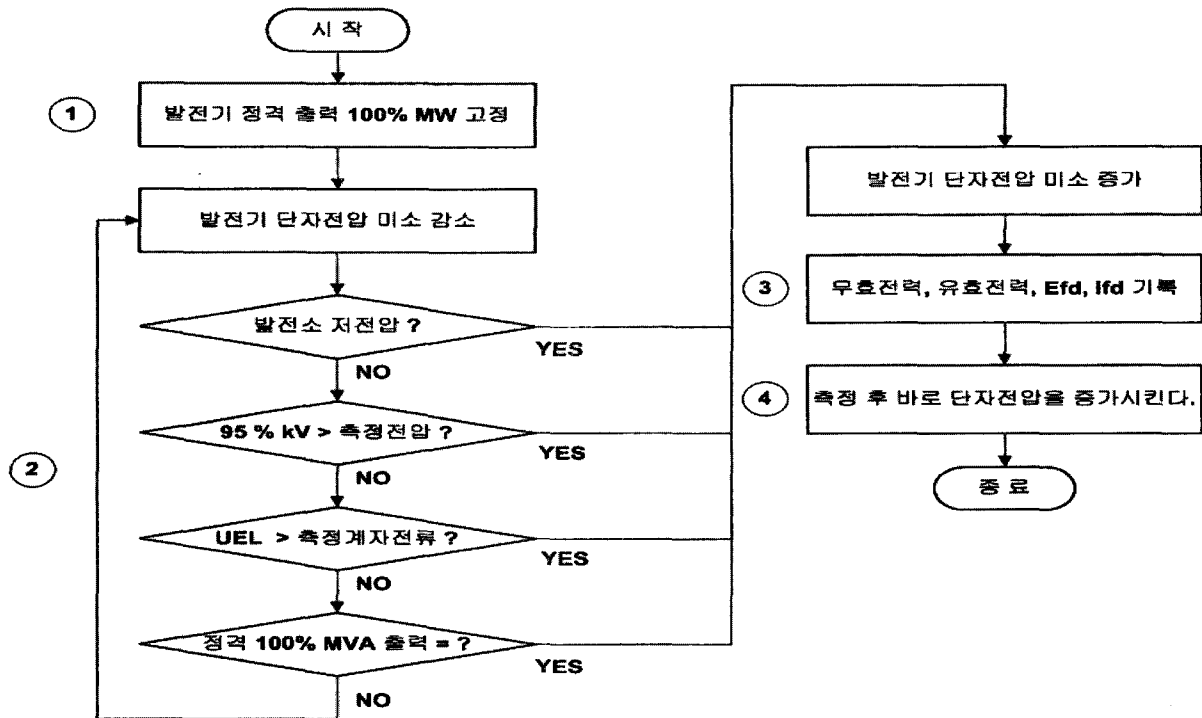


그림 2 온라인 최소무효전력 운전범위 시험 방법
 Fig. 2 On-line Minimum Reactive Limit Test Procedure

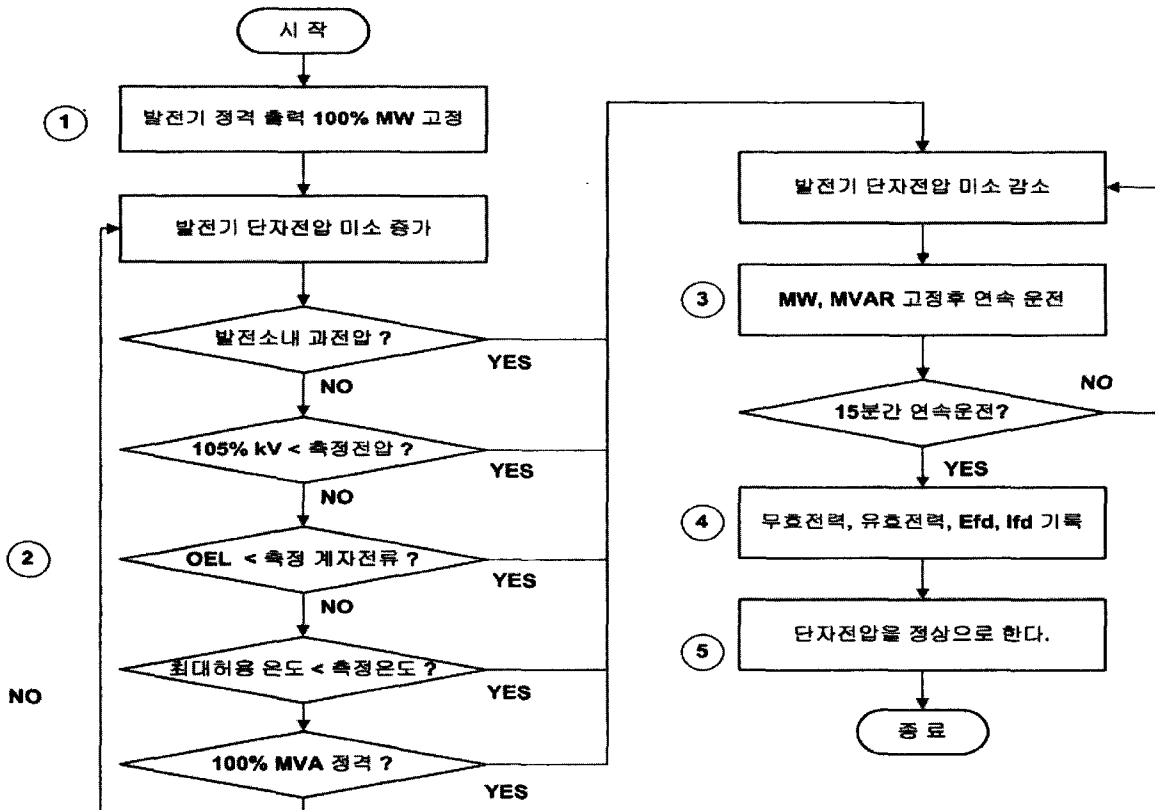


그림 3 온라인 최대무효전력 운전범위 시험 방법
 Fig. 3 On-line Maximum Reactive Limit Test Procedure

서 무효전력 출력 제약조건에 걸리는지 확인한다. 제약조건은 단자전압 정격 105%, 고정자 온도 제한, OEL 제한, 발전단지 소내 전압 등이 될 수 있다. 만약 제약조건에 걸리게 된다면 이때의 무효전력에서 15분간 연속 운전한다. 15분간 운전 중에 다른 제약조건이 발생하여 연속운전하지 못하는 경우는 단자전압을 더 낮추어 낮은 Mvar에서 15분간 운전한다. 그리고 15분 연속운전을 할 수 있는 운전점이 최대 무효전력 운전범위가 된다. 마찬가지로 최대 무효전력 운전범위 제한요소를 기록한다. 그림 3과 같은 시험절차를 사용하지만, 될 수 있으면 정격 100% Mvar가 출력될 수 있도록 시험하는 것이 중요하다. 따라서 고정자 전압이 정격의 105%이상 더 높일 수 있다면 약간 더 높여서 운전하고, 인근 계통 전압이 상대적으로 높다면 발전기 Step-up 변압기 탭도 상향 조정하여 발전기 단자전압이 과도하게 상승하지 않도록 운전한다. 별도로 발전단지내의 다른 호기의 무효전력 출력을 낮출 수 있다면 낮추는 방법도 사용할 수 있다.

2.2 OEL 동특성 시험 방법

정상상태에서 운전 중인 발전기에 대하여 OEL의 동특성을 시험하는 조건을 얻는 것은 어렵다. 왜냐하면 OEL이 동작하는 최소 계자전류 값을 통상 정격 100% MW 출력에서 측정된 계자전류의 110%로 설정하기 때문이다. 따라서 본 논문이 제안하는 방법은 온라인 상태에서 OEL의 계자전류 설정치를 낮게 설정하고 정격의 50% MW에서 OEL의 동적 특성을 간접적으로 확인하는 것이다. 최근의 여자시스템 제어기는 디지털 방식이므로 OEL이 동작하는 최소 계자전류를 온라인 상태에서 재설정하는 것이 용이하다. 이러한 50% MW에서 확인된 OEL 동적특성은 100% MW 운전 영역에서도 동일한 특성을 갖는다.

그림 4는 제안하는 OEL 동특성시험 방법으로서 먼저 발전기를 정격의 50% MW 운전하고, 여기서 OEL이 동작하는 최소 계자전류를 재설정한다. 이 운전 상태에서 AVR 스텝시험을 통하여 외란을 발생하고 발전기 계자전류가 OEL이

동작하는 최소 계자전류 설정치를 초과하도록 하여 OEL 동적 응답특성을 측정한다. OEL 동적특성이 한시적인 특성을 갖는 경우 그림 4와 같이 적용할 수 있고, 정한시 특성인 경우는 AVR 스텝시험을 1번만 수행한다.

2.3 양양양수 발전기의 현장시험 적용

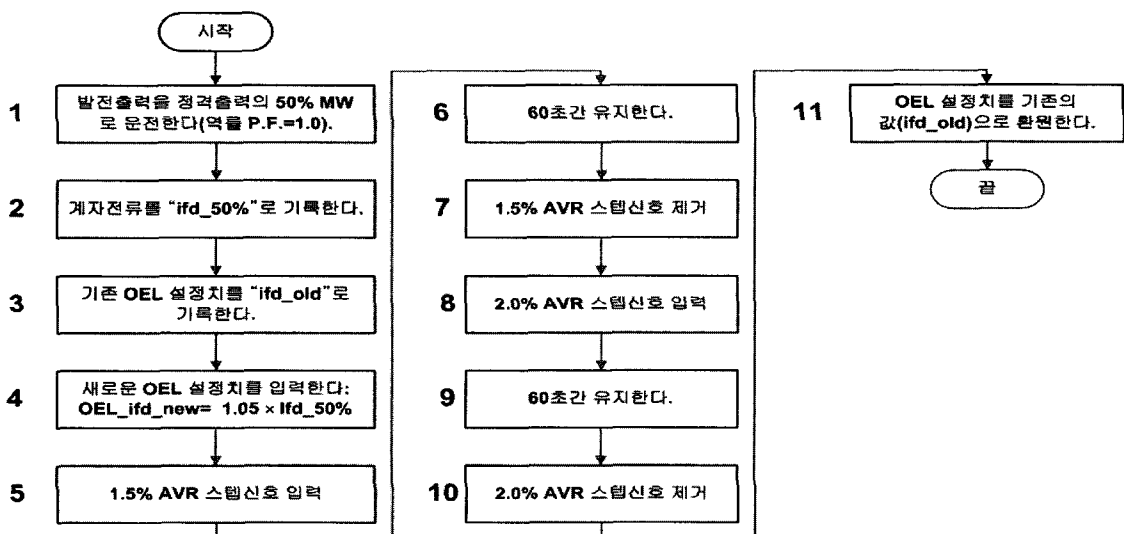
제안된 최대·최소 무효전력 운전범위 시험방법과 온라인 OEL 동특성 시험방법을 양양양수 발전소에 적용하였다. 양양양수 발전소는 282 MVA 발전기 4대로 구성되어 있고 2006년에 완공된 최신식 양수 발전소이다. 양양양수 여자제어시스템은 프랑스 ALSTOM사의 제품으로 디지털 기술을 사용하고 있다. 표 1은 양양양수 여자시스템에 설정된 무효전력 한계치에 관련한 설정치이다.

표 1 양양양수 무효전력 관련 제어기 설정치
Table 1 Yang-Yang Reactive Limiting Values

형식	설정치	비고
OEL	- 정격 계자전류: 1906A - On line OEL (AFFL): 2096.6A - Ceiling 계자전류: 3050A (duration time: 5초)	정한시
UEL	0 MW -197.4 Mvar 84.6 MW -197.4 Mvar 169.20 MW -177.7 Mvar 253.83 MW -149.49 Mvar	고정형
V/Hz	- 108 %	
GSU 변압기	- 18.0kV/365 kV 변압기 (HV: 탭/총17개) - 1.25%/탭	정상 운전 중인 탭: 8번 탭

2.3.1 양양양수 무효전력 운전범위 시험

양양양수 발전소는 울진원자력 발전소의 영향으로 인근



* 계측기는 OEL 시험시간 동안 연속 측정해야 함

그림 4 온라인 OEL 동특성 시험 절차
Fig. 4 On-line OEL Dynamic Test Procedure

계통전압이 상대적으로 높다. 따라서 발전기 정격 100 % MW (253.5 MW) 출력에서 정격역률의 Mvar (123 Mvar)를 출력하는 것이 곤란하다. 이러한 문제점 때문에 양양양수 3호기 최대 무효전력 운전범위 시험에서는 발전기 Step-up 변압기의 2차측 탭 설정치를 정상운전 값보다 2.5% 상향 조정하고 단자전압을 107%까지 높여서 100% 정격 Mvar에서 15분간 운전하였다. 반면 최소 무효전력 운전범위 시험은 발전기 95% 고정자 전압에서 무효전력이 -66.12 Mvar까지 출력되었다. 정격출력에서 좀 더 진상 최대 무효전력 출력이 가능하나 저역자는 비교적 중요 관심사항이 아니므로 더 이상 단자전압을 낮추어 시험을 진행하지 않았다.

표 2 양양양수 3호기 무효전력 운전범위 시험 결과

Table 2 Reactive Power Limits Tested for Yang-Yang No.3

항 목	V_t (kV)	P (MW)	Q (Mvar)	E_{fd} (Vdc)	I_{fd} (A)	제한요소
최대 무효 전력	18.265 (107 %)	256.0	130.0	264.59	1875.8	기기 100% Mvar
최소 무효 전력	17.01 (95%)	256.0	-66.12	157.0	1185.0	기기 저전압 (0.95 pu)

2.3.2 양양양수 OEL 동특성 시험

제안된 OEL 동적 특성시험 방법을 양양양수 4호기에 적용하였다. 양양양수 4호기에 대한 OEL 동특성시험은 OEL이 동작하는 최소계자전류 설정치가 정격 계자전류의 110%인 2096.6 A로 설정되어 있어 정상적인 운전 상태에서는 시험이 곤란하다. 이러한 이유로 제안된 방법과 같이 발전출력을 정격출력의 50 %인 126 MW 수준으로 낮추어 운전하고 OEL이 동작하는 최소 계자전류 설정치를 1190 A로 일시적으로 재설정하여 시험하였다. 이 시험 방법은 앞에서 기술한 바와 같이 실제 발전기 계자전류를 OEL이 동작하는 최소 계자전류 설정치보다 약간 낮은 값이 되도록 발전기 출력과 발전기 단자전압을 조정하여 운전하였다. 그리고 AVR 1.5 %의 스텝시험을 하였을 때 최종 수렴되는 발전기 계자전류가 OEL 최소 계자전류 설정치인 1190 A 보다 상회하도록 하였다.

양양양수 OEL은 정한시 특성을 갖고 있기 때문에 이러한 시험으로 지속시간 (duration time)을 도출할 수 있고 제작사 제공의 값처럼 OEL 특성이 제대로 나오는지 검증할 수 있었다.

그림 5는 측정된 계자전류를 보여주고 있으며 이때의 지속시간은 5 초이다. 그림 6은 유효전력을 보여주고 그림 7은 단자전압을 보여준다. 그림 5는 1.5% AVR 스텝시험 전에는 계자전류가 조정된 OEL 계자전류 (1190 A)보다 다소 낮은 1120 A로 운전되고 있음을 보여준다. 1.5% AVR 스텝시험 이후에는 계자전류가 1220 A로 OEL 계자전류 설정치보다 높다. 따라서 OEL 제어 장치는 5초 동안의 지속시간을 갖고 OEL 설정치인 1190 A로 계자전류를 강제로 감소시키는 것이다. 이러한 시험 결과는 양양양수 4호기의 OEL 장치가 제대로 동작되고 있음을 의미한다. 따라서 정격 100% MW 출력에서도 OEL 제한 장치는 설정된 동일한 특성을 나타나게 될 것이다.

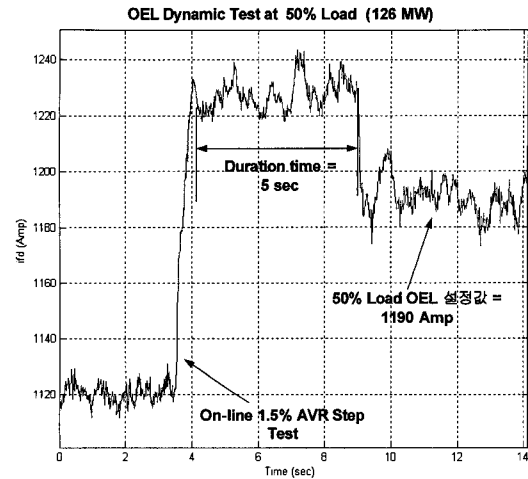


그림 5 OEL 동적 특성시험인 경우 측정된 계자전류
Fig. 5 Field Current during the OEL Test

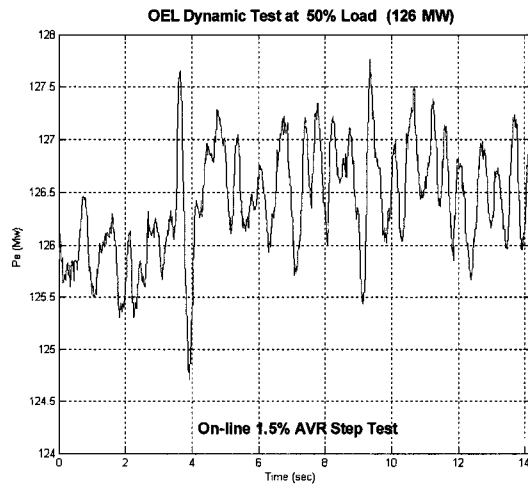


그림 6 OEL 동적 특성시험인 경우 측정된 유효전력
Fig. 6 Active Power during the OEL Test

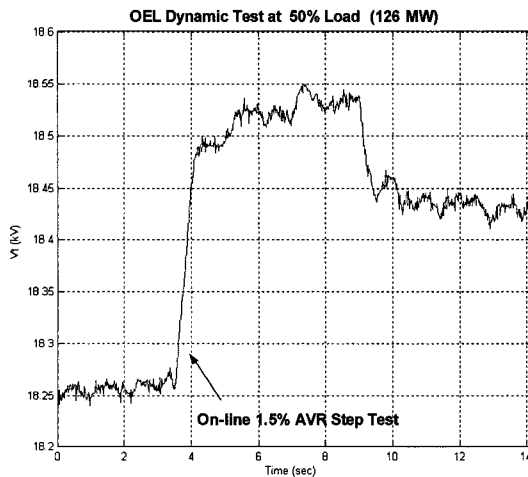


그림 7 OEL 동적 특성시험인 경우 측정된 단자전압
Fig. 7 Terminal Voltage during the OEL Test

2.3.3 양양양수 4호기 OEL 모델정수 결정

양양양수 4호기의 OEL 모델정수를 도출하기 위해서 PSS/E 프로그램을 사용하였다. 그림 8은 PSS/E에서 제공하는 OEL 모델로서 MAXEX2 모델이다. 그림 9는 MAXEX2 모델의 반한시 특성을 보여준다. 그러나 양양양수 OEL 특성은 정한시 특성으로 설정되어 있기 때문에, 그림 9의 셋 포인트에서 시간은 동일하며 앞 절에서 고찰한 바와 같이 5 초로 설정된다. 50%부하에서 일시적으로 변경된 OEL이 동작하는 최소 계자전류 값은 1190 A이다. 이 값은 정격의 110 %로 간주하기 때문에 계자전류 정격치 (IFDRATED)를 1081.82 A로 설정하며 이 경우 PU값은 1.161 PU 이다. 여기서 계자전류 베이스 값은 931.80 A이다. OEL 동특성 시험을 위해서 일시적으로 변경된 OEL이 동작하는 최소 계자전류치는 동특성시험이 끝나고 나면 정상적인 값인 2096.6 A로 반드시 환원해야 한다. 실제 정격출력에서 정격 계자전류, IFDRATED 값은 2.046 PU이다. 결정된 MAXEX2 모델 정수는 표 3과 같다.

도출된 모델 파라미터는 OEL 특성시험시 측정된 결과를 표 3의 데이터와 도출된 양양양수 4호기 모델 파라미터를 이용하여 검증하였다[3]. 사용된 양양양수 발전설비 모델은 GENSAL 발전기 모델, EXPIC1 여자시스템 모델, PSS2A 안정화 모델 등이 포함된다. 모의조건은 정격출력의 50% 운전수준인 126 MW에서 무효전력이 -8.0 Mvar이고 단자전압이 18.26 kV이다. 이 상태에서 AVR의 기준점에 1.5% 스텝 신호를 입력하는 것을 PSS/E로 모의하였다. 모의결과와 측정결과 비교는 그림 10-14와 같다. 그림 10은 OEL 설정치보다 초과된 계자전류를 OEL에 의해 강제적으로 낮추어 주는 것을 보여준다. 이 경우 OEL 동작으로 계자전류가 감소될 때 (그림 10의 황색의 약 9 초 부분) 계자전류 응답이 약간의 차이를 보여주는 데 이것은 실제 양양양수 OEL은 PI형 형식으로 약간의 P 이득이 있는 반면 PSS/E 모델인 MAXEX2 모델에서는 P 성분이 없기 때문이다. 만약 이 점을 고려하면 측정된 파형과 같이 좀 더 빠른 응답특성을 모의할 수 있다.

그림 11은 계자전압으로서 1.5% 스텝전압을 입력하였을 때 PSS 동작에 의한 약간의 전력진동을 보여준다. 그림 12는 단자전압을 비교한 것이고 그림 13은 유효전력을 비교하고 있다. 모의된 유효전력과 측정된 유효전력이 스텝신호인가 때 진동주파수와 진폭이 매우 잘 일치하는 것을 보여준다. 그림 14는 무효전력을 비교하여 보여준다.

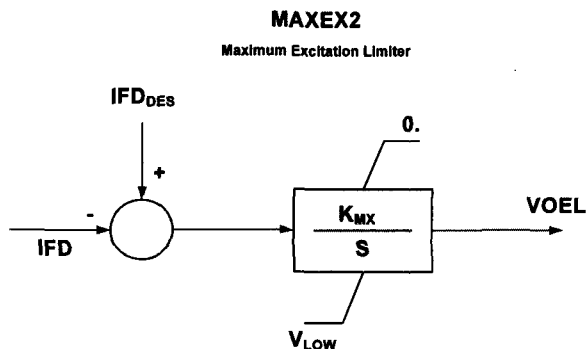


그림 8 PSS/E 프로그램의 OEL 모델
Fig. 8 OEL Model of PSS/E

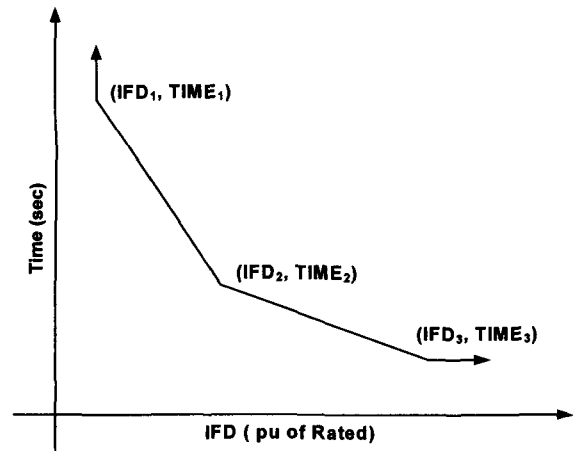


그림 9 OEL 시간 특성
Fig. 9 Time Characteristics of OEL

표 3 50%부하인 경우 MAXEX2 모델 정수 값
Table 3 Parameters of MAXEX2 Model on the 50% loading

정수	값	비고
입력값	IFD	
IFDRATED	1.161 (2.046*)	1081.818 A (1906 A*)
IFD1	1.10	PU of rated
TIME1	5.0	
IFD2	1.10	PU of rated
TIME2	5.0	
IFD3	1.10	PU of rated
TIME3	5.0	
IFDDES	1.10	1190.0 A (2096.6 A*)
KMX	0.75	
VLOW	-1.0	(<.0)

* 100% 부하시 파라미터 값

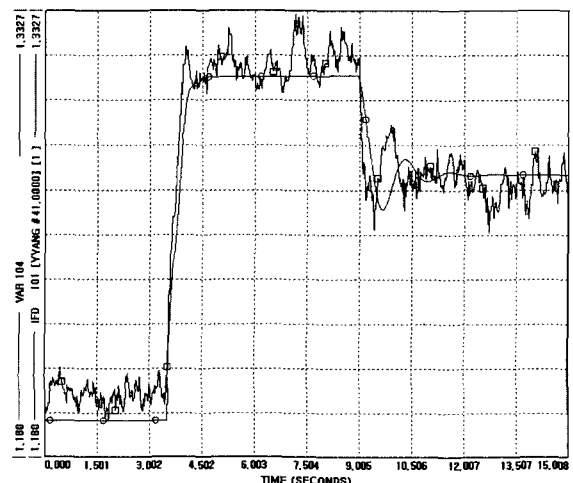


그림 10 모의된 계자전류와 측정된 계자전류 비교
Fig. 10 Comparison of simulated I_{fd} and measured I_{fd}

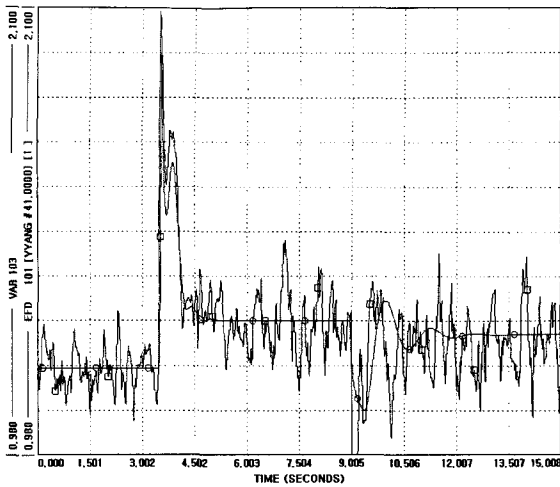


그림 11 모의된 계자전압과 측정된 계자전압 비교
Fig. 11 Comparison of Simulated E_{fd} and Measured E_{fd}

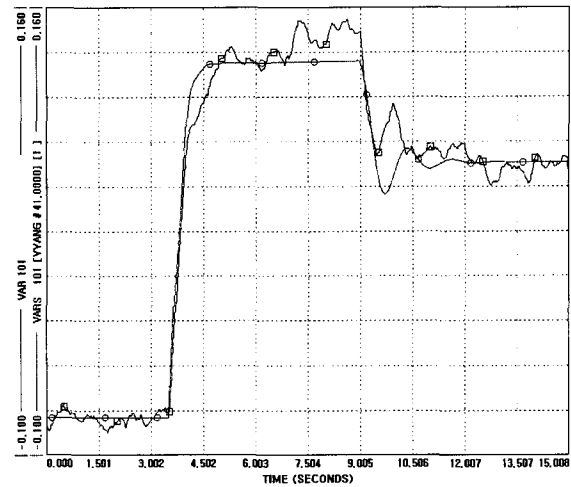


그림 14 모의된 무효전력과 측정된 무효전력 비교
Fig. 14 Comparison of Simulated Q_e and Measured Q_e

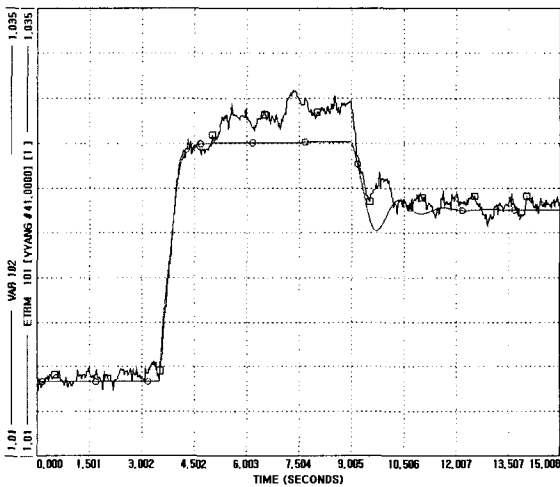


그림 12 모의된 단자전압과 측정된 단자전압 비교
Fig. 12 Comparison of Simulated V_t and Measured V_t

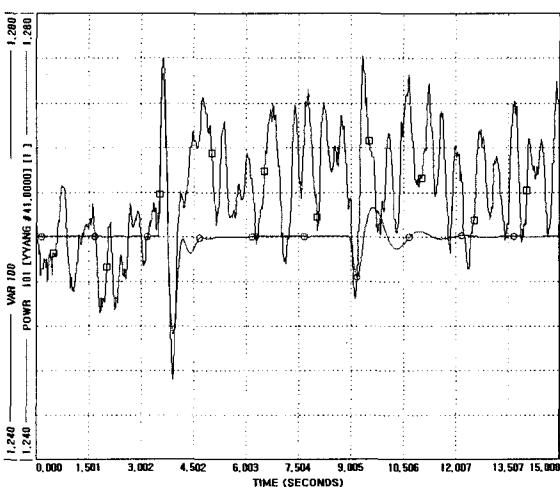


그림 13 모의된 유효전력과 측정된 유효전력 비교
Fig. 13 Comparison of Simulated P_e and Measured P_e

3. 결 론

본 논문은 기존의 방법보다 실제적이면서 효과적인 무효전력 운전범위 시험 방법과 온라인 OEL 동특성시험 방법을 제안하였다. 그리고 제안된 방법은 양양양수 발전기에 적용하여 그 유효성을 아래와 같이 확인하였다.

1) 제안된 온라인 무효전력 운전범위 시험방법은 양양양수에 적용하여 그 유효성을 확인하였다. 양양양수 발전기의 최대 무효전력 운전범위 시험에서 발전기 무효전력 정격 123 Mvar 출력 확인을 위해서 발전기 고장자 전압이 허용할 수 있는 최대 전압까지 조정하고 발전기 Step-up 변압기 탭을 정상치보다 2.5% 더 상향 조정하여 15분간 연속 운전하여 그 특성을 확인하였다.

2) 제안된 온라인 OEL 동특성 시험은 정격의 50% MW에서 동특성 시험이 수행되기 때문에 100% MW 출력에서 시험이 불가능한 점을 해결할 수 있다. 제안된 방법은 국내 최초로 양양양수에 적용하여 양양양수 OEL 장치의 동특성을 정격 50% MW에서 확인하였다.

3) 측정된 양양양수 OEL 동특성시험 데이터는 PSS/E 프로그램을 이용하여 기 도출된 발전기 모델, 여자시스템 모델, PSS 모델을 재검증하는데 사용하였고, PSS/E 프로그램 내의 OEL 모델인 MAXEX2 모델의 정수를 결정하는데 이용하였다. 도출된 MAXEX2 모델정수는 OEL 동특성시험에서 측정된 온라인 1.5% AVR 스텝시험을 재현하여 검증하였다.

발전기 정격출력에서 무효전력 운전범위 특성은 계통에 큰 사고가 발생할 경우 전력계통 안정도에 큰 영향을 미칠 수 있으며 특히 OEL 동특성은 대형 정전사고의 원인으로 주로 등장하고 있다. 따라서 지속적으로 국내 모든 발전기를 대상으로 최대·최소 무효전력 운전범위를 확인하는 작업이 필요하고 OEL 동적 모델링 정밀도를 향상시키며 새로운 OEL 특성시험 기법을 개발하는 노력이 요구된다.

감사의 글

한국중부발전(주) 양양양수발전소의 이광식 팀장님,
한종렬 과장님, 그리고 계전팀 직원 여러분께 깊은 협
조 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Dmitry N. Kosterev, Carson W. Taylor, William a. Mittelstadt, Model Validation for the August 10, 1996 WSCC System Outage, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 14, No.3, August 1999
- [2] U.S.-Canada Power System Outage Task Force, "Final report on the August 14, 2003 blackout in the United States and Canada: Causes and recommendations," Apr. 5, 2004
- [3] 한국중부발전(주) 양양양수발전소, 양양양수 3호기 발전기/제어계 특성시험 및 모델정수 도출, 최종보고서, 2006. 8. 한국전기연구원
- [4] 한국중부발전(주) 양양양수발전소, 양양양수 4호기 발전기/제어계 특성시험 및 모델정수 도출, 최종보고서, 2006. 9. 한국전기연구원
- [5] 한국전력거래소, 발전기 안정도 해석 파라미터 도출 및 검증기법 표준화 연구, 최종보고서, 2006. 8. 한국전기연구원
- [6] Test guidelines for synchronous unit dynamic testing and model validation, Feb. 1997, WSCC
- [7] PSS/E Ver. 29, Program Operation Manual I, II, 2002

저 자 소 개



김 동 준(金 東 俊)

1971년 1월 7일생. 1992년 전남대 공대 전기공학과 졸업. 1994년 동 대학원 졸업(석사). 2004년 동 대학원 전기공학과 박사 졸업. 관심 분야는 과도안정도, 발전기 특성시험 및 PSS 튜닝시험 (<http://gtv.keri.re.kr/>), HVDC 및 SSR 제어기 설계, 과도 안전도 프로그램 개발 등. 현재 한국전기연구원 전력연구단 전력기술팀 선임연구원.
Tel : 055-280-1318,
FAX : 055-280-1390
E-mail : djkim0419@keri.re.kr,



문 영 환(文 英 煥)

1956년 5월 13일 생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 Univ. of Texas(Arlington) 전기공학과 졸업(공학박사). 관심 분야는 발전기 특성시험 및 PSS 튜닝, 전력계통 안정도해석, WAMS, 전력시장 등. 현재 한국전기연구원 전력연구단 단장, 책임연구원.
Tel : 055-280-1300
FAX : 055-280-1390
E-mail : yhmoon@keri.re.kr