

가스터빈 초기 구동용 시동시스템의 제동특성 연구

송주영* · 박준철* · 이기훈* · 김성현* · 남삼식*

Study on the Braking Characteristics of Starting System Used for Initial Spin-up of Gas Turbine

Juyoung Song* · Juncheol Park* · Kihoon Lee* · Sunghyun Kim* · Samsik Nam*

ABSTRACT

Engine test as well as unload test of starting motor itself was performed to evaluate the braking characteristics of starting system used for initial spin-up of gas turbine for power generation. Through the experimental evaluation of the braking performance with the capacity of braking resistor of the starting motor, we have achieved quantitative data to secure robust braking characteristics in emergency during the starting period of the gas turbine. It is possible to establish a capacity selection criterion of braking resistor to ensure the starting reliability of the gas turbine.

초 록

발전용 가스터빈 초기 구동용 시동시스템의 제동특성 평가를 위해 시동모터 단독 무부하 시험과 엔진 장착 부하시험을 수행하였다. 시동모터의 제동저항 용량 차이에 따른 제동 성능의 실험적 평가를 통해 가스터빈 시동과정 중 비상정지 상황에서 안정적인 제동특성을 확보하기 위한 정량적 데이터를 확보하였다. 본 연구를 통해 가스터빈의 시동 신뢰성과 안정성을 제고하기 위한 최적의 시동모터 제동저항 선정이 가능하게 되었다.

Key Words: Gas Turbine(가스터빈), Starting System(시동시스템), Braking Resistor(제동저항), Deceleration Time(감속시간)

1. 서 론

일반적으로 가스터빈 엔진은 자력구동조건에 도달할 때 까지 외부의 도움을 받아 운전을 하

게 되며 초기 구동용 시동장치로는 전기모터, 공압터빈, hydraulic motor, APU(Auxiliary Power Unit), SFC(Static Frequency Converter) 등이 있다.[1,3] 발전용 소형 가스터빈의 경우에는 전기모터를 이용한 시동방법을 주로 이용하고 있다.

본 논문에서는 두산중공업(주)에서 개발 중인 5MW급 바이오가스 Genset Package에 적용된

* 두산중공업(주) 미래사업기술개발센터

† 교신저자, E-mail: ju-young.song@doosan.com

시동시스템의 제동특성 평가를 위한 성능시험 결과에 대해 기술하였다. Fig. 1은 기존에 개발된 시동시스템과 신규 개발된 시동시스템의 형상에 대해 나타내었다.

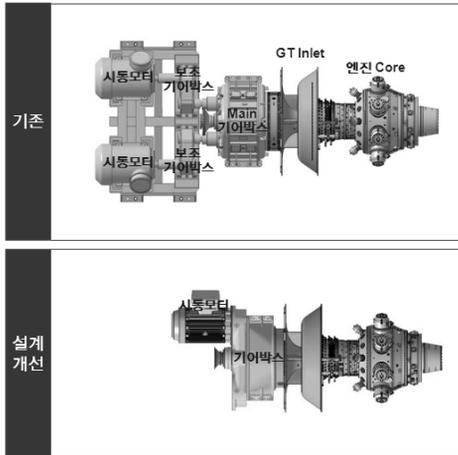


Fig. 1 Starting System Design Modification

2. 발전용 가스터빈 엔진 시동 시스템

2.1 시동시스템 설계 변경

두산중공업(주)에서 개발 중인 바이오 가스터빈엔진은 초기 구동 방법으로 전기식 시동모터를 사용한다. 초기 설계는 시동모터의 구동력을 보조 기어박스를 통해 주 기어박스에 공급하여 엔진을 구동하는 방식이다. 보조 기어박스는 시동모터와 Coupling으로 연결되어 있어 운전 중 부하 불균형 등의 비상 시에 기계적으로 파손되면서 엔진을 보호해 주어 안정성을 높여주는 장치이다. 반면에 구조적 복잡성으로 인해 크기, 무게 등의 측면에서 단점이 있고, 엔진 분해 및 조립 시 Alignment 작업 등에 많은 시간이 소요된다. 또한 주 기어박스과 발전기 사이의 거리가 상대적으로 길어 잠재적으로 진동 등의 문제가 발생할 가능성이 있다. 이러한 기존의 설계 개념을 탈피하여 구조적인 간소화와 운전 불안정성을 근본적으로 개선하기 위한 설계를 수행하였다.

신규 설계는 보조 기어박스를 제거하여 시동모터가 직접 주 기어박스에 Flange 형태로 체결되는 방식으로 기존의 단점을 효과적으로 개선하였다. 단, 보조 기어박스과 시동모터 간 보호용 Coupling이 없기 때문에 이것을 보완하기 위한 시동모터 성능시험을 수행 하였다.

Table 1. Starting System Specification

정격 출력	132kW
보호 등급	IP54
Insulation Class	H
Service Factor	1.0
Mount Type	Flange
Weight	900kg
사용 대수 (선택)	1대 (2대)

2.2 보조 기어박스 Coupling 파손사례

시동모터는 엔진이 자력구동속도에 도달한 뒤에 기어박스의 동력전달 축과 분리된다. 이후 시동모터는 자연감속하거나 모터 제어기인 인버터를 통해 명령된 감속률로 정지하게 된다. Fig. 2는 초기의 시동시스템이 장착된 엔진 성능시험 시 모터의 감속률에 따라 Coupling이 파손된 사례를 설명하기 위한 시험 결과이다.

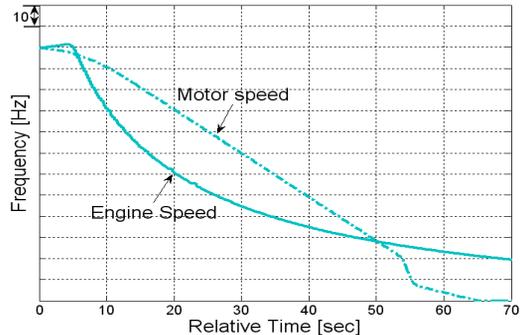


Fig. 2 Engine and Starting Motor Deceleration

Figure 2에서 시동모터는 120Hz에서 주 기어박스와 분리된 후 정지하고, 엔진은 약 5초간 더 상승 후에 엔진 정지 명령이 들어오면서 급 감속한 사례이다. 이 때 두 감속 커브는 약 116Hz 부근에서 교차하여 엔진 회전수가 모터보다 더 빠르게 감속하는 것을 볼 수 있는데 이 순간에

시동 모터 Coupling이 파손되었다. 이것은 시동 모터와 엔진 축의 동력 전달 매체인 주 기어박스의 Clutch가 120Hz의 속도에 도달 후, 기계적으로 분리된 상태에서 엔진이 급감속하면서 재결속 된 것이 원인이 되었다.

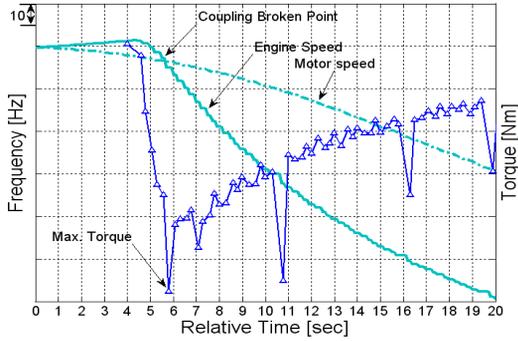


Fig. 3 Engine's Torque Characteristics Analysis in the case of Starting Motor Coupling Damage

Figure 3은 시동모터 Coupling이 파손된 순간에 가해진 토크를 계산한 결과이다. 토크값은 엔진과 모터의 감속 토크의 차이이며 최대 토크는 Coupling이 파손된 지점에서 가장 크고 이후 서서히 감소하는 것을 보여준다.

2.3 시동모터 감속성능 시험

신규 설계한 시동시스템은 Coupling과 같은 기계적인 보호 시스템이 없으므로 엔진과 모터의 감속 차에 의한 기어박스의 파손을 방지하기 위해 시동모터의 감속성능 시험을 수행하였다.

시험 목표는 엔진 정지 시 시동모터가 엔진보다 먼저 감속되기 위한 모터의 운전 조건을 찾는 것이다.

시동모터는 기본적으로 인버터에 의해 회전수가 제어된다. 또한 제동저항(Braking Resistor)을 사용하여 운전 정지 명령 시 모터 내에 흐르고 있던 전류를 소모함으로써 감속시간을 조절한다.

본 연구에서는 9.8kW, 150kW급의 제동저항을 사용하여 모터의 단품 시험 및 엔진 장착시험을 수행하였다.

1) 시동모터 단품 시험 (제동저항 9.8kW)

인버터는 감속 목표 시간을 모터의 정격속도인 60Hz를 기준으로 설정한다. 감속 목표 시간을 10초로 입력하면 60Hz를 10초 이내에 정지시키라는 명령이다. 모터가 120Hz로 회전하고 있는데 10초의 감속 목표시간을 입력했다면 이것은 120Hz를 20초 내에 정지하라는 명령과 동일하게 된다.

단품시험은 시동모터를 목표 회전수인 120Hz까지 인버터로 도달시킨 후, 감속시간 목표를 다르게 설정하여 실제로 정지하기까지 걸리는 시간을 측정하였다.

Figure 4는 120Hz에서 감속한 시험 결과를 나타내었다. 이 속도에서 엔진이 감속하는 속도를 고려하면 시동모터는 실제 감속시간을 기준으로 최소한 10초 이내에 정지해야 하는 것을 알 수가 있다.

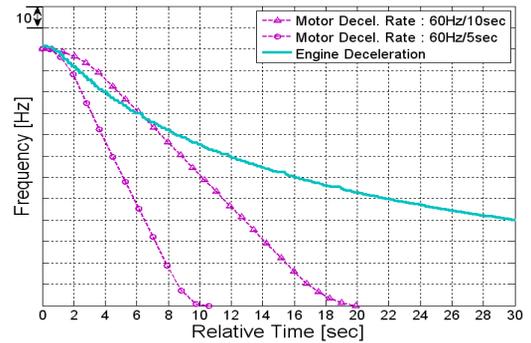


Fig. 4 Engine and Starting Motor Deceleration Curve with Braking Resistor, 9.8kW

Table 2. Starting Motor Deceleration Test Results with Braking Resistor, 9.8kW

목표 회전수[Hz]	목표 감속 시간[s]	보정 감속 시간[s]	실제 감속 시간[s]
120	10	20	19.9
	5	10	10.6
	3	6	Overbraking Fault

Table 2에서 보정 감속 시간이 10초인 경우, 실제로 모터가 정지하기까지 걸린 시간은 10.6초이다. 그러나 6초의 감속 명령의 경우는 인버터에서 Overbraking Fault 신호를 나타내면서 용량 부족으로 인해 명령 자체를 수행하지 못하였다.

2) 시동모터 단품 시험 (제동저항 150kW)

Figure 5는 150kW급의 대용량 제동저항 1대를 사용하여 시험한 결과이다. 보정감속시간이 2초인 경우에도 실제 감속시간은 2.5초로 인버터의 명령에 부합하는 결과를 보여주었다. 그러나 보정감속시간이 20초인 시험에서는 엔진과 모터의 감속 곡선이 교차하는 지점이 있으므로 실제 운전 시 적용이 불가능한 모터 제어 조건이 되겠다.

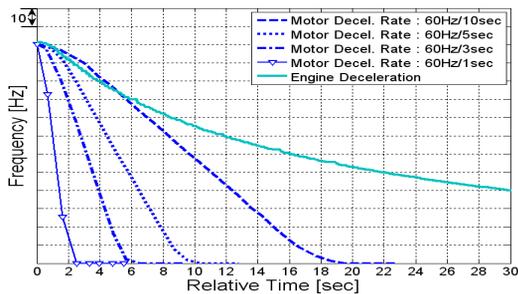


Fig. 5 Engine and Starting Motor Deceleration Curve with Braking Resistor, 150kW

Table 3. Starting Motor Deceleration Test Results with Braking Resistor, 150kW

목표 회전수[Hz]	목표 감속 시간[s]	보정 감속 시간[s]	실제 감속 시간[s]
120	10	20	19.6
	5	10	10.5
	3	6	6.5
	1	2	2.5

150kW의 제동저항이 설치된 시동모터를 가스터빈엔진에 실제 장착하여 부하시험을 수행한 결과 감속 성능은 Table 3과 유사한 결과를 나타내었다.

시험결과를 종합하면 운전 중 기어박스의 손상과 엔진을 보호하기 위한 시동모터의 적절한 감속 시간은 5~10초 정도가 적절한 것으로 판단되며 제동저항 9.8kW는 이 시험조건을 만족하지 못하였으므로 용량증가가 필요하다고 하겠다. 따라서 최적의 제동저항 용량은 9.8kW에서 150kW 사이에 존재함을 추정할 수가 있겠으나 그 범위가 크기 때문에 중간급의 용량을 추가적으로 장착하여 추가 시험을 수행할 필요가 있겠다.

3. 결 론

두산중공업(주)에서 개발 중인 5MW급 바이오 가스 Genset Package 시동시스템의 제동특성 시험결과에 대해 기술하였다.

설계 간소화를 위해 신규 시동시스템 설계가 적용되면서 비상상황에서 엔진 손상을 방지하고 운전안정성을 확보하기 위한 목적으로 시동모터 제동특성 확인시험을 수행하였다. 제동저항 용량을 9.8kW와 150kW로 각각 달리하여 감속시험을 수행한 결과, 시동과정 중에 비상상황 발생시 시동모터의 안전한 감속시간은 5~10초 수준으로 제어되어야 함을 확인하였다.

본 연구를 통해 가스터빈의 시동 신뢰성을 제고하기 위한 정량적 데이터를 확보하였으며 최적의 시동모터 제동저항 선정이 가능하게 되었다.

후 기

본 연구는 지식경제부 전력산업원천기술개발 사업의 연구비 지원에 의해 수행된 결과의 일부이며 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. “가스터빈엔진의 시동 연구 분석”, 유체기계공업학회, 2005
2. 박준철, 홍성진, Alexander Borgrad, 류제욱, “5MW급 발전용 가스터빈 엔진의 작동 특성”, 한국추진공학회 추계학술대회, 2010
3. Philip P. Walsh and Paul Fletcher, "Gas Turbine Performance", 1998
4. 남삼식, 송주영, 김성현, 이기훈, “5MW급 발전용 가스터빈 엔진 성능시험 설비”, 한국추진공학회 추계학술대회, 2010