

Steam Turbine-Generator 이용률 향상방안

[부품 정비주기 및 점검항목]



한전전력연구원
엔지니어링센터
기계설비진단팀
책임전문원/김두영
Tel : (042)865-7540

1. 개요

높은 신뢰성, 이용률 향상 및 고효율 유지는 산업용 증기 turbine-generator 운영기술 노하우 중의 핵심 요소들이다.

신뢰성은 기기의 구성품 또는 unit의 예기치 않은 사고로부터 안정적으로 운전을 계속 지속 할 수 있는지의 여부를 측정하는 요소이다. 일반적인 산업용 증기 turbine-generator의 신뢰성은 약 99%정도로 매우 높다.

이용률은 unit의 운전과 unit를 원하는 기능대로 운전 할 수 있는 측정 요소이다. 이용률에서 unit의 사용 불가시간은 계획된 정비 시간과 뜻밖의 기기 고장 시간이다. 뜻밖의 기기 고장 시간은 정상적인 unit운전에 상당히 나쁜 영향을 미치고 고장으로 인한 필요한 정비에 많은 시간과 비용이 수반되기 때문에 반드시 최소화를 시켜야만 한다.

그러나 계획예방정비의 시간을 단축하는 것은 정비의 주기와 정비 범위를 단축, 축소하는 것이며 이는 신뢰성과 효율성에 직접적으로 큰 영향을 줄 수 있기 때문에 정비 기간만을 단축하는 것은 바람직하지 못하다.

적은 횟수의 정비는 치명적인 기기 고장의 증가를 가져올 수 있으며 unit의 효율을 감소시켜 예상했던 것보다 더 많은 운전비용을 증가시킬 수 있다.

많은 횟수의 정비는 불필요한 작업의 수행을 의미하며 다른 정비에 소요되어야 할 시간과 자원의 낭비를 가져온다. 그러므로 정비 계획은 unit의 운전 요구에 적합하는 한, 모든 비용을 최소화할 수 있게 계획된 기기 정지 시간에 맞추어져야 한다.

증기 turbine-generator의 소유자나 운영자는 운전과 정비에 있어서 중요한 책임이 있다. turbine-generator의 현재 기기 상태를 분석하여 설계 디자인과 비교 평가하고, 현재의 운전 상태와 설계상의 운전을 비교 평가하여 unit의 정비성, 이용률, 신뢰성, 설계효율 유지를 위해 설계사에서 제시하는 터빈 발전기 부품들의 정비주기 및 항목을 소개 하고자 한다.

2. 정비성을 고려한 설계개념

turbine-generator의 정비성을 고려하기에 가장 좋은 시기는 다양한 구성품과 system을 최초로 설계할 때이다.

정비성의 설계에 있어서 기기의 가장 기본적인 기능을 무시하면 안 된다. 많은 기능들은 조립, 분해, 검사의 관점에서 모두 도움이 될 수 있도록 통합되어야 한다. 그러나, 정비성을 고려한 몇 가지 기능은 기기의 운전 신뢰성과 효율의 저하를 초래 할 수 있다. 예를 들어 작거나 적은 수의 bolt는 터빈의 분해, 조립을 간편하게 할 수 있으나, bolt의 flange 부분을 통하여 증기가 누설 될 수도 있다.

내부와 외부 turbine shell과 저압내부 casing의 큰 flange는 hydraulic이나 pneumatic 공구로 간편하게 작업을 수행 할 수 있지만 유체 흐름의 방해로 인하여 turbine 효율의 저하를 가져올 수 있다. 또한 이러한 큰 flange는 중량이 크고 단단한 구조에서 많은 열응력을 받기 때문에 신뢰성에 중대한 문제를 유발할 수 있다. 이 특별한 예로부터 신뢰성을 확보하기 위해서는 기기의 기동, 부하, 무 부하 상태에서 온도 변화를 제한하여야 한다.

그러나, 이 운전 제한치는 바람직하지 못하며 최종 단계의 설계에서는 기계의 수명, 기기 수명 동안의 효율, 정비의 효율성 등과 빈약한 상태에서의 운전 등 모든 요소들이 최적화 되어야만 한다. 게다가 정비성의 기능에 영향을 주는 신뢰성과 효율성의 다양한 기능은 비용 측면에서 매우 중요하다. 다양한 기기의 다양한 정비 방법들 중에 정비에는 유용하나 다른 면에서는 유용하지 못한 것들이 있다.

3. 터빈 부품들의 기능

정비성을 위한 기능들이 오랫동안 turbine – generator의 부품이나 구성품 설계에 적용되어 왔으며 몇 가지 중요한 기능들에 대해서 서술한다.

가. Turbine shells

모든 터빈 shells는 steam path 구성품의 접근을 용이하게 하기 위하여 bolted flange의 horizontal joint를 채택한다. 또한 분해시 하부 outer shell로부터 upper-half outer를 분해하기 위하여 flanged pipe연결을 사용한다.

lifting 기기는 shell을 들어 올리거나 방향을 바꾸기에 편리한 장소에 설치한다.

shell support shim, transverse shim, axial-thrust 들은 분해하기 쉬운 곳에 위치한다. 대부분의 내부 온도 감시용 thermocouple은 필요시 수리하거나 교체할 쉽게 하기 위하여 upper-half shell에 위치한다.

shell jacking 기기는 upper와 lower half shell 분리를 위하여 hydraulic jacks나 jackscrews를 사용하기 쉬운 장소에 위치한다.

axial-thrust shim을 사용하는 unit는 shim의 분리를 위하여 jacking 장치를 갖추고 있다.

나. Low-Pressure Turbine Exhaust Hoods and Inner Casings

저압 터빈 outer exhaust hoods는 정비에 도움이 되는 몇 개의 기능을 가지고 있으며, 모든 중요한 bolt는 정비 시 접근이 용이하게 되어있다.

lifting기기는 fast rigging을 할 수 있는 위치에 있으며, upper hood를 제거한다. 정비 작업을 수행하기 위하여 lift를 해야하는 모든 중요한 turbine 부품들은 lifting 장치를 사용한다.

내부의 last-stage buckets과 structural members 검사를 용이하게 하기 위하여 큰 unit에서는 hoods에 manhole이 장착되어 있다.

내부 casing에 사용되는 horizontal joint flange는 추기 hole에서 steam flow의 영향을 고려하여 가압된 상태에서 쉬운 bolt로 설계되어 있고, 또한 joint를 응력 집중을 방지하기 위하여 증기를 차단하도록 설계되어 있다.

다. Rotor

증기 터빈 rotor는 기계적으로 설계된 부하에서 정상 운전되어야 하며 steam 운전 조건에서 침식과 부식을 견뎌내야 할 정도의 강도와 연성을 가진 재료로 설계되어 있다. 그러나 터빈의 주요 구성품의 부식 입자와 부

착물의 원인이 되는 steam의 불순물과 화학 물질은 산업용 증기 터빈의 고장 정지에 중요한 원인을 차지한다.

그러므로 steam path 구성품의 정비는 이와 같은 steam 불순물에 의하여 원인이 되는 기기 손상으로부터 기기를 정비하는데 맞추어져 있다. 터빈으로부터 rotor를 분해하기 위해서는 lifting beam과 rotor access point가 준비되어야 한다.

라. Nozzle Plates and Diaphragms

현대의 nozzle plate는 설계 경험상 열 응력과 dynamic 응력을 고려하여 신중하게 설계되어진다. plate와 diaphragm은 고온의 steam에서 견딜 수 있도록 강한 강도가 요구되는 재료를 사용한다.

현대의 diaphragm은 shaft packing seal ring과 bucket tip spill strip이 사용되는데 회전 부분과 고정 부분사이에서 최적의 clearance를 유지하면서 필요에 의해 분해, 조립을 할 수 있다.

diaphragm은 alignment를 위해 용이하게 분해할 수 있으며 조립과 alignment를 용이하게 하기 위하여 support shim을 사용한다.

마. Primary steam valves

primary steam valves(main stop valves, control valves)은 수직 valve stem arrangement에 의하여 매우 수월하게 작업을 수행할 수 있으며 valve cover나 내부 부품은 수직 crane lift를 사용할 수 있다.

hydraulic actuating system은 primary steam valves의 보통 정비 작업 시 부품 각각을 분해, 조립 할 필요가 없다. main stop valve와 control valve는 정비 시 seats를 용이하게 작업할 수 있도록 되어있다.

valve stems는 최소한의 정비 작업으로 운전의 신뢰성을 높이기 위해 내마모성과 내산화성의 재료로 제작된다.

바. Bearings and Lubrication System

Turbine journal bearings는 hydrodynamic oil film 위에 rotor의 weight를 지지하며, rotor system에 동적인 안전성을 제공하여 준다.

single thrust bearing은 고정체 부품에 관하여 rotor의 축 방향 위치를 지지하도록 설계되어 있다. 윤활 유 계통은 깨끗한 오일이 각 bearing에 충분히 공급되어 hydrodynamic oil film을 유지 시켜주며 oil film에 의한 전단력 때문에 발생한 마찰열이 너무 높아져 bearing babbitt 면의 손상을 가져오지 못하도록 설계되어 있다.

또한, journal bearing의 bearing surface면은 rotor system의 축정렬을 결정한다. 때때로 설계상의 축

정렬 수치를 맞추기 위하여 위하여 한 개 또는 몇 개의 bearings를 조정해야만 할 때도 있다. elliptical fixed-geometry type과 tilt-pad type의 journal bearings는 필요시 아주 편하게 정비 또는 교체 할 수 있다.

모든 bearing journal은 축 정렬을 수월하게 하기 위하여 support와 alignment shim이 장착되어 있으며 thrust bearing은 정비작업 시 용이하게 분해 할 수 있다. 근래의 많은 발전소들은 journal과 thrust bearing에서의 부하의 중요한 변화, bearing 표면의 상태, 윤활 oil의 공급 상태 변화 등을 초기에 감시하고자 bearing 표면의 babbitt면에 thermocouple을 장착한다.

특히, 윤활 계통은 정비성에 있어서 많은 이로운 점이 있으며 요구되는 정비 작업을 최대로 저감하여 준다. 윤활 oil pump는 centrifugal type이며 매우 튼튼하게 설계되어 있다. oil tank안에 장착되어있는 booster pump는 oil tank안에 있는 oil을 제거하지 않아도 용이하게 분해 할 수 있도록 flanged-mounted로 부착되어 있다.

최초의 시운전과 중요한 작업후의 oil flushing에 관한 지침서가 있다. lube piping system은 외부 이물질을 걸러 낼 수 있는 위치를 최소화하기 위하여 sleeve가 없는 pipe로 설계한다. 풍부한 용량을 가진 oil cooler는 필요시 정비로 인하여 한 개의 cooler를 정지 분해 작업하여도 충분한 공급 능력이 있다. cooler분해 시 vertical crane lift를 사용한다.

사. Bolting

다양한 합금 강철이 bolt 제작에 사용되며 저 합금강 부터 고온의 위치에 부착되는 12% cr등을 사용한다. 부하의 분포를 좀 더 균일하게 만들고자 큰 응력에 견디는 tap bolt, studs, tapered thread등을 사용하며 이것은 첫 번째, 두 번째 engaged thread의 crack 발생을 피하는 장점이 있으며 큰 응력 집중을 받는 부위는 nontapered thread로 설계한다. turbine shell등에 사용하는 큰 bolt는 bolt의 내부응력을 유지하기 위하여 가열을 한다.

heater hole은 조립과 분해 시 전기 저항 heater의 사용을 제공하여 준다. tapped hole은 lifting시 studs와 nut의 사용을 제공하여 준다.

아. Turbine-Generator Control and Supervisory System

Turbine-Generator Control and Supervisory System은 매우 많은 steam유량의 조절과 잠재적인

위험 조건을 감시 할 수 있는 수많은 운전 변수들의 계속적인 감시 에 의하여 정확한 속도 조절, 부하, 추기 steam양 등 중요한 운전 수행에 만족하기 위하여 높은 신뢰성을 요구한다. 빠른 응답과 중복 회로를 부착한 근래의 EHC는 오신호에 의한 기기 정지를 최소화시키면서 신뢰할만한 보호 기능을 가지고 있다.

몇 가지의 중요한 정비 특징은 다음과 같다.

- control system cabinet 안에 power supply가 중복되어 있어 power를 차단하지 않고도 정비 작업을 수행 할 수 있다.
- hydraulic fluid system안에 pump, cooler, filter가 중복되어 있어 운전 정지 없이 이러한 구성품의 작업을 수행 할 수 있다.
- EHC hydraulic actuator안에 있는 stainless steel valve는 부식을 최소화한다.
- 운전 중 servovalve의 정비 작업을 위하여 개별적으로 mounted valve가 부착되어 있다.
- 운전 중 정비를 수행하기 위하여 EHC system에 채택된 보호 기능인 two-out-of-three logic은 digital로 조절된다.
- EHC control system의 운전 mode 선택은 기기의 정지 없이 control circuit의 정비 작업을 수행 할 수 있다.

자. Steam Turbine-Generator Maintenance

앞에서 언급했듯이 증기 turbine-generator 정비는 기기의 신뢰성, 이용율, 효율과 운전, 정비 비용등 모든 요소의 결과가 최대로 만족하여야 한다.

이러한 결과를 달성하기 위한 최적의 계획은 연료비용, 노동비용, 기기 정지비용 등 비용의 변화에 대비하여 정비 방법을 변화시키는 것이다.

모든 조건을 최적화 하는 정비 추천 방법은 없다. 제공된 정비 지침서는 안내만을 의미하지 모든 사항을 포함하지는 않으며, 실제적인 점검과 정비는 각각의 발전소 상황에 맞도록 설계되어야 한다.

4. Steam Turbine-Generator 부품별 정비 주기 및 점검내용

가. Turbine Steam Path And General Inspection(Six-Year Major)

turbine의 완전 분해, steam path 건전성 상태 점검 및 모든 구성 부품들의 상태 점검을 포함한다. 또한, generator 완전 분해 점검도 이 정지 기간 동안 수행한다.

● Rotor

- Deposits
발생 위치를 확인하고 sample을 채취하며 오염 원인이 되는 부식 형태를 분석 확인.
- Erosion
first, last와 reheat stages erosion 상태점검.
- Tenons and Shroud Bands
erosion, rubbing, looseness, deposit 등을 점검함.
- Buckets
Dovetail fit cracking and looseness. Vane pitting and erosion. Erosion shield cracking, erosion, loose joints
- Steam balance hole
cracking과 erosion 상태점검
- Thrust runner.
fretting, scoring, cracking 상태점검
- Packing and general area damage.
rubbing, wear, scoring, out of round, tapering, cracking과 discoloration 점검

- Balance plugs and holes
cracking, tightness, staking, open hole condition 점검
- Couplings.
crack, scoring, high spot 점검, 파손된 bolt hole, out of round 점검, face와 rim runout점검. rabbet fit 측정.
- Dovetail pins
cracking, staking, looseness 점검

● Shell

- inner surface.(접근이 가능한 inner surface에 육안 점검, magnetic particle 점검)
- Diaphragm fits(erosion, wear 상태점검)
- Vertical, Horizontal joints검사(erosion, wear 상태점검)
- Spill strips(erosion, wear, cracking, missing pieces 점검)
- Nozzle bore(flatness 점검)

● Diaphragms And Nozzle Plates

- Partition Welds, Horizontal Joints, Rings, Webs, Packing Fits crack(NDE) 검사, erosion 상태점검.
- sealing, radial spill strips. looseness, scoring, breakage 상태점검.
- centering, crush pins. clearance 점검, wear, galling 점검
- sealing face. scoring, flatness 점검
- nozzle plate partitions and body. remove and check. NDE for crack bolting. ultrasonic test.

● Packings

- teeth, wear, breakage, tooth profile 점검.

● Packing Casing

- casings. NDE for cracks.
- joints and sealing surface. inspect for contact and erosion.

● Steam Shields

- bellows. check bellows and welds for crack.
- sealing surface. check for contact and scoring.

● Oil Deflectors

- teeth. check for breakage, rubbing, and wear areas.
- sealing surface. check for scoring and

표 1. Recommended maintenance interval

Component/System	Time interval					
	1 YR	2 YR	3 YR	4 YR	5 YR	6 YR
Turbine steam path and general inspection - six year major						X
Stop Valve	X		X		X	
Control Valve Assemblies (External)	X	X	X	X	X	X
Control Valve Assemblies (Internal)			X			X
Nonreturn Valves	X	X	X	X	X	X
Admission/Extraction	X	X	X	X	X	X
EHC or three-arm governor system		X		X		X
Turbine-generator supervisory instrumentation	X	X	X	X	X	X
Bearings		X		X		X
Hydrogen Seals	As needed based on H2 usage					
Hydrogen Seal Regulator	Every 4 years or as needed					
Lube Oil System		X		X		X
Exciter-rotating or excitation system-static		X		X		X
Steam seal system			X			X
Borecope inspection	X	X	X	X	X	X
Generator inspection						X
Polarization index	X	X	X	X	X	X
Lube oil pump test run	X	X	X	X	X	X
Lube oil filtering system	X	X	X	X	X	X

high spots.

● **Bolts And Studs**

– threads, visually inspect for damage, chase threads and UT test

● **Nuts**

– threads, visually inspect for damage, chase threads,

● **Dowels**

– fits, inspect for scoring, galling, and tolerances

나. Stop Valve

leakage test, quick-closing, uneven-operation check는 deposit, internal damage, wear의 상태 등을 감시하기 위하여 1년씩 주기적으로 실시한다. 이러한 검사들은 startup/ shutdown 검사와 병행하여 실시한다.

2년 주기로 valve의 끝 부분 stem을 분해하여 다음의 구성품을 점검한다.

- Disk
- Seat NDE
- Seat Contact
- Bushing
- Stem/Bushing Clearance
- Stem Runout
- Valve Lift
- Pressure Seal Head
- Head
- Studs
- Nuts
- Seals
- Drains
- Body NDE
- Strainer

다. Control Valves

Valve actuators와 external gear는 접합 부분, 닳은 부분, 느슨한 부분 등을 매년 마다 점검해야한다.

Gear의 full stroke를 조사하며, 누설에 대비하여 valve tightness를 점검해야 한다.

만약 과도한 누설이나 valve의 오동작이 발생하면 valve를 분해한 후에 손상이나 이물질 여부 등을 점검해야한다.

매 3년마다 다음의 부품들을 점검해야한다.

- Springs
- Bolting
- Cam Bearing
- Cam Followers
- Rocker Arm Bearing
- Knockdown Pins
- Cam Shaft Alignment
- Linkage Connections
- Gear Pinion to Rack Contact
- Crosshead
- Stem Bushing
- Valve Timing
- Valve Stroke

- Sealing Welds
- Seat Contact
- Stem NDE
- Seat
- NDE
- Disk
- Disk Pin
- Stem Sealing Groovers
- Crosshead Stem Pinhole
- Bushing-Stem Clearance
- Stem Runout
- Lift Rod
- Lift Beam
- Cover
- Valve Casing NDE

라. Nonreturn Valve

1년에 한번씩 완전하게 분해 후 점검한다. 다시 조립 후에 close 시간과 접합 부분의 stroke를 점검하며 다음 부품들의 건전성을 점검해야 한다.

- Seat
- Disk
- Packing Glands
- Rocker Shaft
- Weight Level
- Linkage
- Operating Cylinder

마. Admission/Extraction Valve

매년 분해 후 점검해야 한다. 기동 전에 각각 누설과 접합 부분 점검을 실시해야 하며 다음의 구성품을 점검해야 한다.

- Lift Rod
- Bushing
- Guide Bracket
- Body
- Spacer
- Extraction Diaphragm
- Strainer Plate
- Seat NDE
- Seat Contact
- Valve Clearance
- Gear Bearings
- Gear Clearance

바. EHC and Three-Arm Governor System

2년마다 governor control systems를 검사점검 교정해야 한다. control valve정비 시마다 EHC feedback 부품들을 조절하고 다시 점검해야 한다.

정상 운전 조건의 시험으로 제어의 문제점을 확인 할 수 있다.

Electrohydraulic control system-다음의 항목들을 점검하고 교정해야 한다.

- **Electrohydraulic control Center**
 - Speed Control
 - Load Control
 - Flow Control
 - Power Supplies
 - Pressure Sensors
 - Servovalves
 - Alarm Trips
 - Switches
 - Monitor Circuits
- **Hydraulic Power**

- Tank Condition - Fluid Condition
- Piping Connections - Filters
- Relief Valves
- Pump Start and Alarm Switches
- Heaters - Coolers
- Water Regulator - Gauges
- Air Dryer
- Main and Reverse Pump Condition
- Power Actuator Assemblies

● **Permanent Magnet Generator**

- Output Voltage - Output Frequency
- Terminal Condition - Cleanliness
- Bearing Conditions - Alignment

Three-Arm Governor-다음의 항목을 점검한다.

- Linkages ● Pins
- Ball Bearing and Guides
- Cylinder Travel ● Tip-over Assembly
- Hydraulic Relays ● Pressure Governor
- Sensing Lines

사. Turbine/Generator Supervisory Instrumentation

Turbine과 generator의 감시 장치는 매년 점검하고 교정해야한다.

Turbine - 다음의 항목을 점검하고 교정해야한다.

- Flow Metering Instrumentation
- Pressure Gauges ● Vibration Probes
- Shaft Eccentricity
- Differential Expansion
- Shell Expansion
- Speed/Valve Position
- Vacuum Alarm and Trip
- Thrust Wear Alarm and Trip
- Valve Operations
- Shell and Valve Thermocouples
- Overspeed Trip ● Solenoids
- Turning Gear Interlock
- Bearing Oil Pressure Alarm and Trip
- Hydraulic Oil Pressure Alarm
- Oil Tank Alarm
- EHC Operation and Alarms

Generator-매년 다음의 항목을 점검하고 교정해야한다.

- RTD
- Seal Oil Operation and Alarms

● Hydrogen System Operation and Alarms
다음의 항목은 필요시 기본적으로 점검해야 한다.

- First-Stage Pressure Gauge
- Flow Charts
- Chart Readings Compare to First-Stage Pressure Curve
- Extraction Readings Compared to Generator Load

아. Turbine/Generator Bearings

Bearings는 2년마다 분해 후 점검해야 한다. bearing은 condition, clearance, alignment를 점검한다. clearance는 예전에 점검한 data와 비교한다.

Journal Bearing-다음의 항목들을 점검한다.

- Babbitt Condition ● Journal Condition
- Ball Contact ● Ball Pinch
- Ball Torque
- Oil Feed and Drain Holes
- Bore Diameters ● Journal Diameters
- Deflector Diameters
- Insulation Resistance
- Thermocouples

Thrust Bearings- 다음의 항목을 점검한다.

- Thrust Clearance Bump Check
- Thrust Stack Check
- Babbitt Condition
- Thrust Runner Condition
- Ball Contact ● Ball Torque
- Thrust Plate ● Parallelism
- Wear Detector ● Thrust Nut Torque
- Thrust Bearing Shims
- Collar-to-Shaft Fit
- Rotor Threads ● Thermocouples

자. Hydrogen Seal (H₂)

H₂ Seal의 점검은 H₂ 사용량과 Seal Oil 유량을 기초로 하여 점검 여부를 판단하며 매 6년마다 정지 기간을 이용하여 철저히 점검하여야 한다.

- 분해 전 H₂ Seal insulation 철저히 점검
- Ring Segments를 점검
- H₂ Seal Casing 점검
- Hook Fit Face Contact 점검
- H₂ Seal insulating parts for integrity 점검
- Ring springs과 Measure length 점검
- H₂ Seal insulation upon reassembly 점검

차. Hydrogen Seal Regulator Inspections

Seal oil regulator는 4년마다 점검한다. regulator분해 시에는 다른 control과 경보 기기의 압력 setting과 교정에 주의 하여야한다.

● Hydrogen Seal Regulator

- Diaphragm-Operated Regulator Valve 점검
- Filter Housing 청소
- Relief Valve 점검 - Flow meter 청소
- Filter Pressure Gauges 교정
- Differential Pressure Gauges 교정
- Differential Pressure Switches 교정
- Seal oil Pressure Gauges 교정

● Float Trap

- Open, 청소 후 점검

● High Level Alarm

- Open, 청소 후 점검

● Bearing Drain Enlargement Exhauster

- Bearing 분해 후 점검
- Packing Gland 점검
- Oil Cup on Shaft Seal 점검
- Motor Drive 정렬 점검

카. Lube Oil System

system operation은 매 2년마다 점검한다. shutdown전 oil pressure를 setting하고 bearing metal 온도를 기록한다. main oil tank의 기름을 다른 장소로 이송하고 내부를 청소하고 다음의 항목을 점검한다.

- Tank Condition and Cleanliness
- Piping Connection
- Transfer Valve ● Check Valves
- Oil Coolers: Waterside and Oilside
- Cover Door Seal Strips
- Pressure Switches
- Pressure Gauges ● Level Gauges

다음의 pump들의 기계적 상태, bearing 상태, 내부 clearance등을 점검한다.

- Booster or Eductor
- Turning Gear ● Main Shaft
- Emergency ● Auxiliary

vapour extractor의 기계적 상태와 oil pump regulator를 점검함.

타. Exciter Inspection

System의 성능은 운전 중 감시되며 필요하면 부가

적인 정비와 점검을 할 수 있다.

2년마다 정비 작업을 수행하여야 하며 Brushes 상태를 감시하여 운전 중 Brushes를 교체할 수 있다.

● Rotating Exciter-Electrical

- Commutator Surface
- High Mica - Brush Surface
- Brush Clearance in Holder
- Holder Clearance to Commutator
- Brush Spacing - Pigtail Condition
- Armature Winding Condition
- Field Winding Condition
- Polarization Index-Field and Armature
- Field Winding, Copper Resistance
- Buswork Connections
- Resistance Temperature Detector(RTD) check

● Rotating Exciter-Mechanical

- Bearing - Deflectors
- Insulated Coupling
- Air Gap Clearance
- Alignment to Generator Field
- Filters - Cleanliness

● Static Exciter Inspection

- Cleanliness
- Proper Ventilation Provided
- Exposed Connection Tight
- Rectifier Short/Open Checks
- Other Inspection Based on Operational Problems

파. Steam Seal System

동작 시험과 정비는 3년마다 수행한다. maximum 또는 full의 유량일 때의 운전 중 검사는 seal regulator와 exhauster system의 정비여부를 통해 결정한다.

steam seal regulator를 분해 후 점검하고 필요 부분이 있으면 정비하고 다음의 항목을 점검하고 교정을 한다.

- Stability-Oil Side and Steam Side
- Level System ● Pressure Gage
- Bellows

gland exhauster system의 다음 항목들을 점검한다.

- Vacuum pump Operation
- Motor current
- Spray Chamber Operation

- Strainers—Inspect and Clean
- Loop Seal Water Level
- Seal Vacuum
- Chamber—Inspect and Clean

하. Borescope Inspection

Turbine에서 borescope가 접근할 수 있는 곳은 매년 점검을 수행한다.

generator access covers를 분해한 후 육안검사와 borescope 점검을 실시한다.

Turbine borescope 점검은 steam chamber, all first-stage buckets, extraction stage buckets, tenon과 covers를 포함한 last-stage bucket 등을 확인 할 수 있다.

generator end winding, retaining rings, air gap을 borescope로 검사 할 수 있다.

가. Generator Inspection

완전한 generator 검사는 중요한 정지 작업이 있을 때 계획되어야 하며 기본적으로는 6년을 주기로 계획되어야 한다.

이 정지 작업 중에는 stator로부터 field를 분해하여야 한다.

● Mechanical Inspection—General

- Bearing – H₂ Seal
- Oil Deflector – Fan Discharge Baffle
- Fan Blades – Fan Nozzle Ring
- Fan Nozzle Segment
- Inner and Outer End Shields
- Hydrogen Coolers

● Mechanical Inspection—Rotor

- Bearing, Journals
- Fan Blades and Fan Ring
- Seal and Deflector Surface
- Rotor Body Surface
- Retaining Ring Surface
- Wedges – Collector Rings
- Balance Weights – Body Plugs
- Coupling

● Mechanical Inspection—Stator

- Internal Winding Hardware
- Terminal Box Hardware
- High Voltage Bushing
- Bushing Terminals
- Current Transformer Assembly

- Core Iron – Outside Space Blocks
- Inside Space Blocks
- RTD and TC hardware

● Winding Inspection—Stator and Rotor

- Armature Bars—Slot Portion
- End Winding Insulation
- End Winding Blocking and Support
- Connection Rings
- Lower Leads – Slot Wedges
- Filter Lead Wedge Insulation
- Field End Winding

● Electrical Testing—Stator(Phased separated)

- Insulation Resistance and Polarization Index
- Winding Copper Resistance
- DC leakage
- DC High Potential Test(Optional AC Hipot)
- RTD Resistance and Insulation Resistance

● Electrical Testing—Field Winding

- Insulation Resistance and Polarization Index
- Winding Copper Resistance
- AC Impedance

나. Polarization Index

절연 저항과 성극 지수는 매년 측정하며 6년 주기의 중요 정지 작업 때 상을 분리하여 측정한다.(주의 : 상을 분리한 절연 저항과 성극 지수는 매우 중요하므로 winding 각각의 상을 검사하여야 한다) 절연 저항은 1분과 10분 후의 data를 측정하며, 성극 지수는 1분과 10분 후의 data를 측정하여 10분 후의 data를 1분 후의 data로 나누어 계산한다.

다. Oil Pump Test Runs

매년 모든 예비 Pump의 switchover, pressure drop, rpm, output, gauge와 front standard를 검사한다. 2시간 동안 dc pump를 작동하여 완전히 battery를 방전 시킨후에 다시 unit 기동 전에 battery를 충전한다.

5. Planning for Maintainability

체계적이고 계획적인 정비정비 계획수립은 계획에

방정비 기간 중 자원과 시간의 효율적인 활용 극대화의 결과를 가져다준다.

turbine-generator 이용율의 성공적인 달성과 다음의 정비 계획의 수립은 직접적으로 정비 기간 중 정비의 완전성에 의존한다. 포괄적인 정비 기간 중의 점검 결과 보고서는 필수적이며 계획을 수립하는데 있어서 기본이 된다.

정비 및 점검결과 보고서는 처음으로 정비 작업을 시작 할 시기의 부분품들과 system의 상태를 기록하며, 작업의 진행에 따라 기록하고, 다시 기기를 운전하였을 때 정비 상태를 확인할 수 있어야한다. 좋은 상태는 아니지만 즉시 수리를 요하지 않은 상태에 대해서도 자세히 관찰하여 기록으로 남겨 두어야 한다.

정비 후 회의는 정비 작업이 완전히 끝난 후 가급적 빨리 개최하여야 하며, 이 회의에서 차기 정비 시까지 정비 계획을 수립하여야한다.

이 계획은 중요한 turbine-generator의 정비뿐만 아니라 보조 설비의 사소한 작업까지도 포함시켜야 한다.

정비 후 회의는 예측하지 못했던 중요한 작업과 정비 기간 동안 전혀 생산적이지 못했던 사례들을 포함해야 한다.

이 재 검토의 목적은 인력배치의 계획을 향상시키고, 정비절차와 기법을 발전시키며, 좀 더 향상된 부품을 개발하며, 수정을 통하여 정비지연을 최소화하고 비용을 절감하는데 있다.

추가적인 정비 후 회의는 정비활동(특별한 부품, 도구, 확보 등)이 계획대로 진행되고 새로운 정비 계획을

수립할 때이다.

차기 계획정비 작업 18개월 전에 다른 정식적인 정비 계획 회의를 개최하여 작업계획을 검토하고 최근의 산업에 적용 사례, 정비 계획에 영향을 줄 수 있는 제작사의 정비 지침을 검토해야 한다.

이 회의를 18개월 전에 개최하는 이유는 정비에 필요한 자금을 확보하고 필요 부품을 주문하여 확보 할 수 있는 시간적 여유가 충분히 하기 위함이다.

6. 결론

산업용 turbine-generator의 최적화된 정비계획 수립은 plant 비용 전반에 걸쳐 매우 중요한 요소이다. 최근의 연료, 투자비용, 정부의 법적 규제는 더욱 한층 높은 정비의 품질을 요구하고 있다.

이 보고서에 수록된 터빈 발전기 주요 부품별 정비주기 및 정비내용 지침은 특정 제작사에서 제시하는 참고 자료이며 자신이 운영하고 있는 설비 특성에 맞게 최적의 정비 계획을 수립하는데 길잡이가 되기를 바란다.

참고자료 : Steam Turbine-Generator

Maintainability(A Means to Improve Unit Availability) R.T. Bievenue GE Company Schenectady, New York

발전소 소음영향 해석 기술을 적용한 도심지 복합화력의 소음영향 예측 사례



한전전력연구원
엔지니어링센터
기계설비진단팀
책임연구원/공학박사 김연환
Tel : (042)865-7556

1. 서론

복합화력의 경우 냉각탑, 변압기, 가스터빈, 증기터빈, 압축기, 재열회수보일러, 펌프, 전동기 및 연돌 등의 기기들이 옥·내외에 설치되어 발전소 내부는 물론 인접 지역에 까지 소음공해를 유발할 수 있는 대표적인 프랜트이다. 따라서, 환경 친화적 저소음 발전소의 유지를 위해서는 발전소 내·외부 환경소음의 신뢰성 있는 예측 기술이 필요하다. 발전소의 소음레벨을 예측하기 위해