

13[kV]급 수력발전기 고정자 권선의 운전 및 정지 중 진단시험 현장적용 평가 및 분석

(Site Evaluation and Application of the On-line and Off-line Test for the 13[kV] Class
Hydropower Generator Stator Windings)

장정호* · 이동근 · 이흥호**

(Jeong-Ho Chang · Dong-Keun Lee · Heung-Ho Lee)

Abstract

The solid insulation system of stator windings in high voltage rotational machines is usually aging in accordance with long time operation. The partial discharge test have been known to check whether insulation deterioration exist or not, and the PD test can effectively diagnose a solid insulation condition regardless of during operation(on-line) or not(off-line).The on-line PD measurement have proven to be a successful technique in monitoring stator insulation condition nowadays.

This paper describes the characteristics of comparing the on-line PD measurement data using PDMS-HG(Partial Discharge Monitoring System for Hydro-electric Generator) installed in field with the off-line diagnosis measurement data(insulation resistance, winding resistance, PI, $\Delta \tan \delta$ and PD) on hydro generator(13[kV]) stator windings. These results make good use of managing rotational machines through evaluating the solid insulation condition of stator windings.

Key Words : Hydro Generator, Stator Winding, Partial Discharge, On-line PD, Off-line Diagnosis

1. 서 론

수력발전은 청정에너지인 물을 이용하는 발전방식으로 화석연료 절감효과와 최대부하 담당을 통한 전력계통 기여는 물론, 환경보존 및 고품질의 전력을 생

산하고 홍수조절 및 용수공급 등 다목적 역할을 수행하고 있다. 현재 국내 수력발전소는 20년 이상 장기간 운전된 발전기가 대부분이고 수력발전기의 특성상 빈번한 기동, 정지 운전으로 인하여 고정자 권선의 열화 현상이 심화되는 추세에 있다. 이에 따라 돌발적인 절연파괴 사고의 발생 가능성이 점차 증가하고 있으며 사고 발생 시에는 운영 신뢰성 저하, 복구시간의 장기화로 인한 발전 손실 및 권선 교체에 따른 보수비용 증가 등 막대한 손해가 예상되어 이를 방지하기 위한 예방진단 관련 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

절연열화의 진단방법에는 기기를 정지하고 절연상

* 주저자 : 한국수자원공사 Kwater연구원
** 교신저자 : 충남대학교 전기공학과 교수
Tel : 042-821-5656, Fax : 042-821-8895
E-mail : leehh@cnu.ac.kr
접수일자 : 2011년 8월 19일
1차심사 : 2011년 8월 25일, 2차심사 : 2011년 10월 5일
심사완료 : 2011년 10월 14일

태를 측정하는 정지 중(Off-line)진단법과 운전 중(On-line)인 발전기에 대하여 실시간으로 절연상태를 측정하는 진단방법으로 크게 구분할 수 있다. 정지 중 진단 방법에는 절연저항시험, 권선저항시험, 성극지수 시험, 교류전류시험, 유전정접시험 및 부분방전시험 등이 있으며, 운전 중 진단 방법에는 부분방전시험이 있다. 운전 중 부분방전 진단법은 상시 절연상태를 감시할 수 있는 장점이 있으며, 고압부에 직접 접촉식 센서인 Capacitive Coupler인 Epoxy-Mica Coupler (EMC)를 이용하는 방법과 비접촉식 센서인 Stator Slot Coupler(SSC), Resistance Temperature Detector(RTD) 및 Radio Frequency Current Transformer(RFCT)를 이용하는 방법 등 국내외적으로 다양한 측정기술들이 연구 및 적용되고 있다[2-3].

본 논문에서는 운영연수가 25년이 경과한 13[kV]급 수력발전기에 최근 설치되어 사용 중인 접촉식 센서 방식의 Ceramic Coupler(CC)를 이용한 운전 중 부분방전 진단시스템에서 취득된 2009년 1월부터 2011년 1월까지의 부분방전 측정데이터를 분석하여 평가하였으며 정지 중 진단시험으로 측정된 진단데이터와 비교·분석하여 수력발전기 고정자 권선의 절연상태를 고찰하였으며, 운전 중 부분방전 진단시스템의 신뢰성을 확인하였다.

2. 고정자권선 절연물의 부분방전 특성

부분방전은 절연체 내부에 공극이 형성되어 있는 상태에서 인가된 전계의 강도가 공극의 절연강도 보다 높을 때 발생하는 방전현상으로 지속시간이 매우 짧은 특징을 갖고 있다. 또한 회전기기의 장기운전에 따른 열적, 기계적, 전기적, 환경적 열화요인 등이 작용하게 되면 부분방전 열화가 더욱 진전되어 공극의 크기는 점차 증가하게 된다. 결국 절연층 내의 공극에 고전압이 인가되면 부분방전으로 도전성 경로가 형성되어 공극이 도전체의 역할을 하게 되므로 절연간격이 짧아지는 효과를 가져와 절연과피 전압은 저하하게 된다.

절연체 내부의 공극에서 부분방전이 발생하면 기체 방전에 의해 발생하는 오존, 산화질소, 전리된 이온 등

이 형성되어 높은 에너지를 방출하고 공극 주변의 절연체에 화학반응을 일으켜 절연체가 열화되며 이러한 이유로 부분방전과 절연수명은 깊은 상관관계가 있다고 알려져 있다.

3. 운전 중 부분방전 진단시스템

3.1 부분방전 진단시스템 개요

수력발전기용 운전 중 부분방전 진단시스템은 기본적으로 운전 중 부분방전 측정센서로부터 나오는 부분방전 신호를 계측하는 PDMS-HG(Partial Discharge Monitoring System for Hydro-electric Generator)와 이로부터 측정된 부분방전 신호를 진단 분석하는 모니터링 소프트웨어로 구성되어 있다. 그림 1은 부분방전 진단시스템의 구성도를 나타낸다.

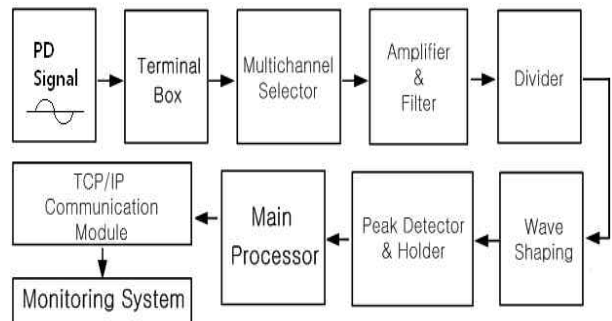


그림 1. 부분방전 진단시스템 구성도
Fig. 1. Configuration for PDMS-HG

부분방전 센서로부터 입력되는 부분방전 신호는 Terminal Box를 거친 후 Channel Selector로 입력되며 Multi Channel Selector는 각 상별 2개씩 설치되어 있는 부분방전 센서의 신호 중 현재 측정하려고 하는 상의 부분방전 신호 채널(Channel) 만을 선택한다. 이렇게 선택된 채널의 입력신호는 증폭단(Amplifier)에서 그 크기가 조정되고, 필터단(Filter)에서 외부 잡음을 1차로 제거한다. 필터를 거친 두 신호는 외부잡음을 구분한 후 분리단(Divider)에서 부극성(Negative) 부분방전 신호와 정극성(Positive) 부분방전 신호로

분리되며, 이 신호는 Wave Shaping 회로를 거치고, 4종의 고속의 Peak Detector & Hold 회로에서 60[Hz] 한주기 동안 3,600 Point의 최대 신호만을 A/D Sampling하여, Digital Data로 내부 Ram에 저장한다. 입력 범위는 0~3,500[mV]이며 저장된 데이터는 Ethernet을 통하여 PC로 전송되며, Monitoring S/W에 의해 취득된 부분방전 신호는 분석 및 평가되고 Database화 구성된다.

3.2 부분방전 분석 파라미터

부분방전 진단을 위하여 측정된 데이터로부터 위상, 부분방전크기, 펄스수와 같은 부분방전 정보량의 패턴화가 필요하며 이러한 패턴 인식을 위하여 방전분포에서 얻어진 정보에 대한 정량화가 시행되어야 한다. 따라서 본 시스템에서는 3개의 분석 파라미터를 선정하였으며 각 인자는 첫째, 최대부분방전크기(MPM : Maximum PD Magnitude)이며 이것은 일반적으로 절연물의 열화가 진행되면 공극의 크기가 증대되고 이에 상응한 큰 크기의 방전 펄스가 발생하는 것에 기인하기 때문이다. 본 시스템에서 최대부분방전크기는 잡음이 제거된 후 부분방전 신호의 동일 위상에서 30번째 크기로 측정된 부분방전 펄스크기를 [mV] 단위로 나타낸다.

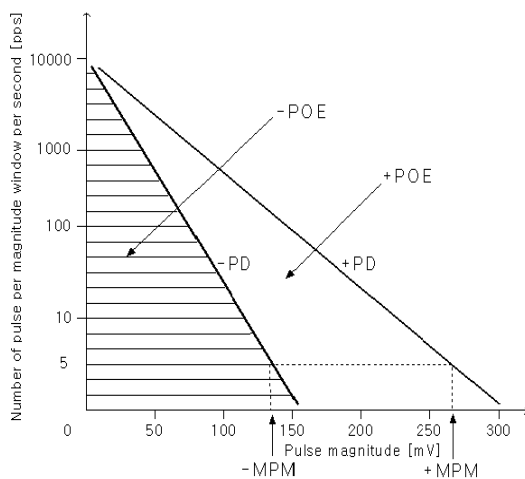


그림 2. MPM과 POE 산출방법
Fig. 2. MPM and POE

두 번째로 부분방전발생에너지(POE : PD Occurrence Energy)가 있으며 부분방전발생에너지는 부분방전을 측정할 때 나타나는 그래프의 면적으로 일정 시간내의 부분방전량의 합계로 절연물의 손상 정도를 파악하는 용도로 이용된다. 일반적으로 절연상태가 양호한 경우는 발생하는 부분방전의 크기 및 수량이 적지만 열화가 진행되어 절연상태가 악화된 경우는 부분방전발생에너지가 증가되는 것으로 알려져 있다. 그림 2에서는 최대부분방전크기와 부분방전발생에너지의 관계를 보여주고 있다[4-6].

3.3 부분방전 분석 알고리즘

진단데이터 수집은 60[Hz]의 시작점(0°)과 동기하여 한주기의 데이터를 8[bits] A/D Converter로 수집한다. 데이터는 0.1°마다 한 번씩 수집하며, 총 3,600개의 8[bits] 데이터(432[KByte])로 수집하고 하나의 데이터를 수집하고 저장하는데 약 4.6[μs]의 시간이 소요된다. 데이터 수집은 120주기를 측정한다. 진단 데이터에 대한 평가 알고리즘은 각각의 진단 파라미터에 대해서 설정된 기간 또는 횟수만큼의 데이터들에 대해서 평균값을 산출하고 일정한 기간 또는 데이터 취득 횟수 뒤에 또다시 설정된 기간 또는 횟수만큼의 데이터들에 대해서 평균값 데이터를 산출한다. 판단 알고리즘의 기본은 현재의 상태를 기본으로 일정시점 이전의 평균값 데이터에 비해서 현재의 평균값 데이터의 상대적인 크기 변화추이로 결정한다[4-6].

즉 현재의 판정 상태가 정상인 상태에서 일정시점 이전의 데이터와 비교했을 때, 일정비율 이상 크기가 증가했다면 경고로 판정하고, 만약 그 이상의 비율로 증가했다면 이상으로 판정하게 된다. 또한 현재의 상태가 경고인 상황에서 일정시점 이전의 데이터에 비해서, 평균값 데이터가 일정비율 이상 증가했다면 이상으로 판정하고, 일정비율 이하로 떨어지면 다시 정상상태로 판정한다. 표 1은 운전 중 진단시스템에 적용된 데이터 추이분석을 통한 상태판정기준을 나타내고 있다.

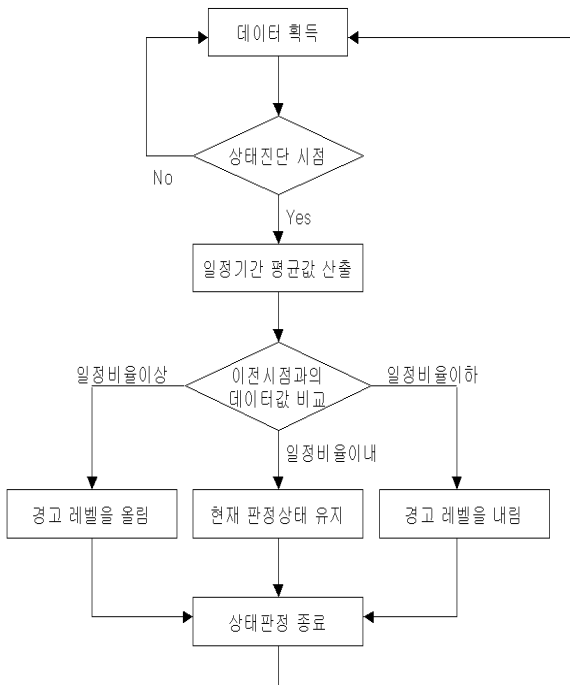


그림 3. 분석 알고리즘 순서도(운전 중 부분방전)
Fig. 3. Flowchart for Analysis(On-Line PD)

표 1. 상태판정기준(운전 중 부분방전)
Table 1. Condition assessment criterion(on-line PD)

현재 판정상태	판정 비교시점	데이터 증감율	판정결과
정상 상태	100 Point	300[%]	경고
		450[%]	이상
	200 Point	400[%]	경고
		600[%]	이상
경고 상태	100 Point	50[%]	정상
		200[%]	이상
	200 Point	33[%]	정상
		200[%]	이상
이상 상태	100 Point	28[%]	정상
		67[%]	경고
	200 point	22[%]	정상
		67[%]	경고

※ 1 Point 검색주기 : 0.5 hour

3.4 운전 및 정지 중 진단시험 특성

발전기 고정자권선의 절연열화 진단법은 운전 중 진단법과 정지 중 진단법으로 구분되어지고, 이들 방법 중 고정자권선이 열화 되었을 때 발생하는 부분방전을 측정하여 열화정도를 판단하는 방법이 최근 가장 많이 이용되고 있다.

운전 중 부분방전 측정방법은 기본적으로는 정지 중 측정방법과 같으나, 권선에 인가되는 전압은 발전기 운전 중에 발생하는 삼상전압을 이용하므로 교류시험용 변압기가 요구되지 않는다. 또한 운전 중 진단법은 중성점 부근에는 전압이 거의 인가되지 않고 권선 말단부에 전체 선간 전압이 대부분 인가된다. 따라서 중성점 부근은 저 전계가 되어 운전 중 진단법에 의해서는 전반적인 고정자권선 절연열화를 진단하기 어렵고, 대형 발전기의 경우 외부잡음에 의해 부분방전이 간섭을 받을 수 있으므로 외부잡음 제거를 위한 기술이 요구되어 진다.

운전 중 부분방전에서 최대부분방전의 크기(MPPM)는 절연과피의 가능성이 높은 권선의 국부적인 열화 상태를 가장 잘 나타내기 때문에 수명예측 및 절연열화 판정기준 설정에 있어서 매우 중요한 절연상태 평가인자로 활용된다.

정지 중 부분방전 측정방법은 권선 전체의 전압이 같게 되어 중성점 부근에서 발생한 부분방전도 측정할 수 있다. 그러나 정지 중 진단법으로 측정할 경우에는 다음과 같은 문제점들이 있다. 첫째 중성점을 포함한 권선 전체가 여자되어 회전기 운전 중에는 고전압이 인가되지 않는 부분에서 큰 방전이 발생하면 권선이 열화된 것으로 판단할 수 있으며 두 번째로 발전기가 정지 중일 경우에 측정된 부분방전 형태는 발전기가 운전 중에 발생하는 부분방전 형태와 다르며 특히 슬롯방전에서 발생하는 부분방전의 측정이 어렵다. 셋째, 부분방전 측정을 위한 측정설비 설치에 따른 시간과 발전기 정지가 요구되는 단점이 있다.

정지 중 부분방전에서 절연열화 상태판정 기준은 슬롯방전 및 표면방전 및 도체 내부방전 등의 부분방전 발생패턴에 따라 다르게 판정한다. 또한 고정자 권선에 대한 잔존수명을 정확하게 예측하는 방법은 없는

상태이며 주로 절연상태 경향 분석을 통한 평가 방안을 제시하고 있다.

4. 측정 데이터 분석

시험대상 수력발전기의 설비 및 고정자 권선의 특성은 표 2, 3과 같으며 운전 중 부분방전 진단시스템은 그림 4와 같으며 2008년도 12월에 설치되어 운전 중 30분 주기로 부분방전 데이터를 취득하였다. 운전 중 부분방전 진단시스템은 고정자 권선에서 운전 중에 발생하는 부분방전 신호와 잡음을 실시간으로 측정 및 분석하는 기능을 수행하며 기본적인 고주파 필터 이외의 발전기측과 선로측 양쪽에 접촉식 부분방전 측정센서를 설치하여 상호 비교를 통하여 외부 잡음과 내부 부분방전신호를 구분하는 Differential 기법을 이용한 신호측정방식이 적용되었다.

설치된 진단시스템은 최말단의 각 상별 2개의 접촉식 부분방전 측정용 센서인 Ceramic Coupler와 운전 중부분방전신호를 측정하는 PDMS-HG (Partial Discharge Monitoring System for Hydro Generator) 와 이를 원격에서 감시·분석할 수 있는 원격감시 시스템으로 구성되었다.

정지 중 진단대상 발전기는 1986년 부터 설치·운영 중이며 2004년, 2009년 및 2011년도에 정지 중 부분방전을 측정하였으며 측정 결선도는 그림 5와 같다. 발전기 정지상태에서 측정하는 정지 중 부분방전 시험회로는 IEC60270 규격에 따라 10[nF]의 커플링커패시터와 디지털검출기(40-400[kHz], Haefely Trench AG)를 이용하여 구성하였다. 시험전압을 인가하기 위하여 별도의 대용량 시험변압기(20[kV], 400[kVA])를 이용하여 측정하였다. 시험전압은 상전압의 1.25배인 10[kV]에서 3상 일괄로 동시에 시험 전압을 인가하였다.

표 2. 수력발전기 특성
Table 2. Generator data

용량	정격 용량	제작 년도	PDMS 설치일
100[MW]	13.8[kV]	1986.10	2008.12

표 3. 고정자 권선 특성
Table 3. Stator winding data

구 분	내 용
Number of Phase	3
Connection	Y×3
Number of Poles	48
Total Number of Slots	324
Number of Coils per Pole per Phase	2×1/4
Number of Turns per Coil	3

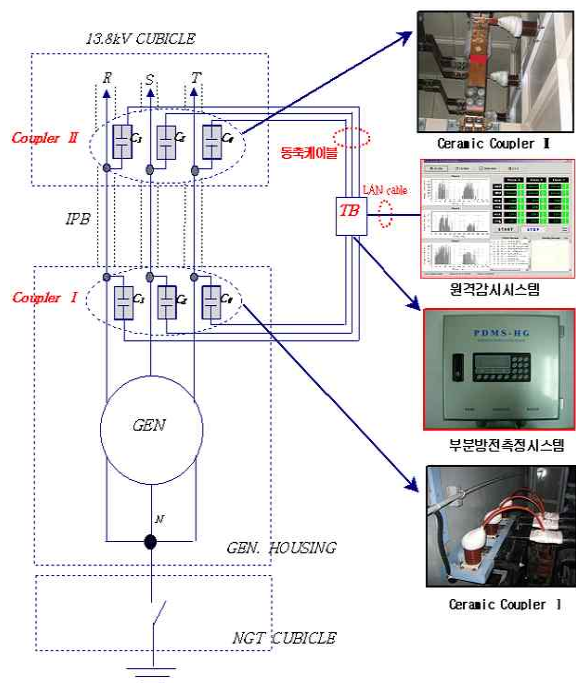


그림 4. On-line 부분방전진단시스템
Fig. 4. Schematic diagram for On-line PD

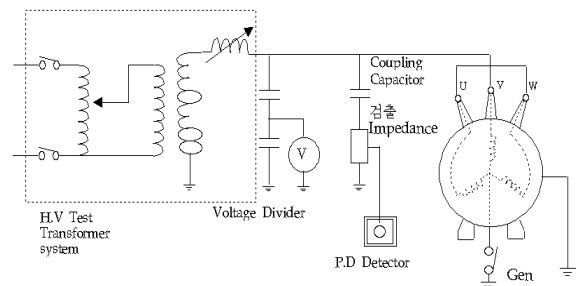


그림 5. Off-line 부분방전진단시스템
Fig. 5. Schematic diagram for Off-Line PD

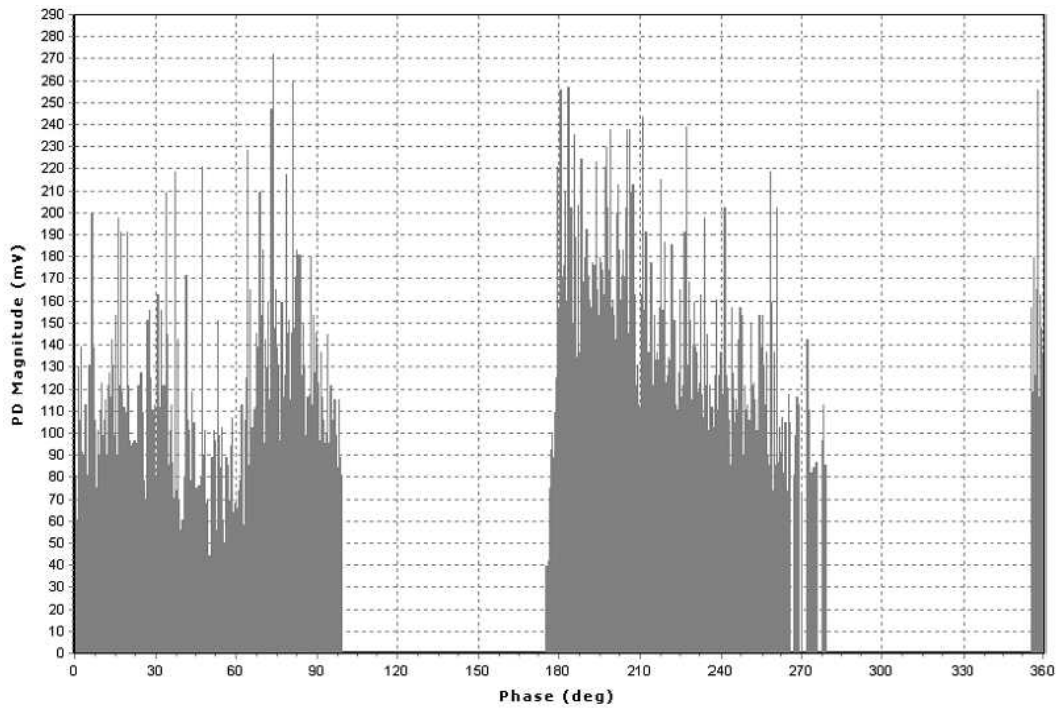


그림 6. 운전 중 부분방전 측정 그래프(S상, 2009년 2월)
Fig. 6. Graph of PDAS-HG(S-phase, February 2009)

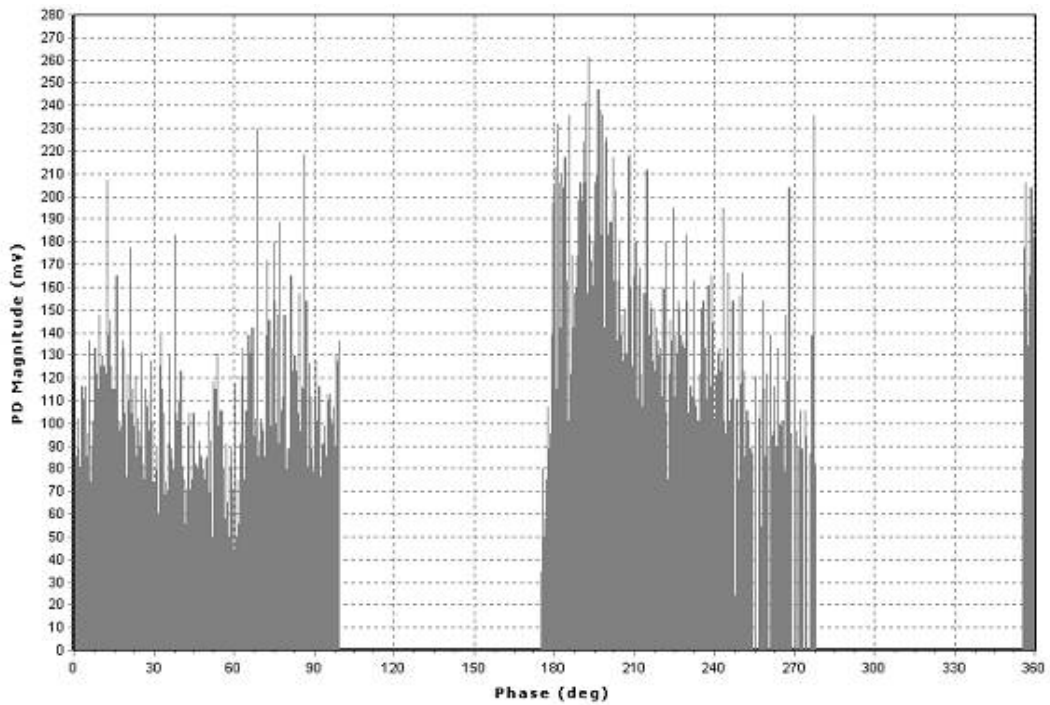


그림 7. 운전 중 부분방전 측정 그래프(S상, 2009년 10월)
Fig. 7. Graph of PDAS-HG(S-phase, October 2009)

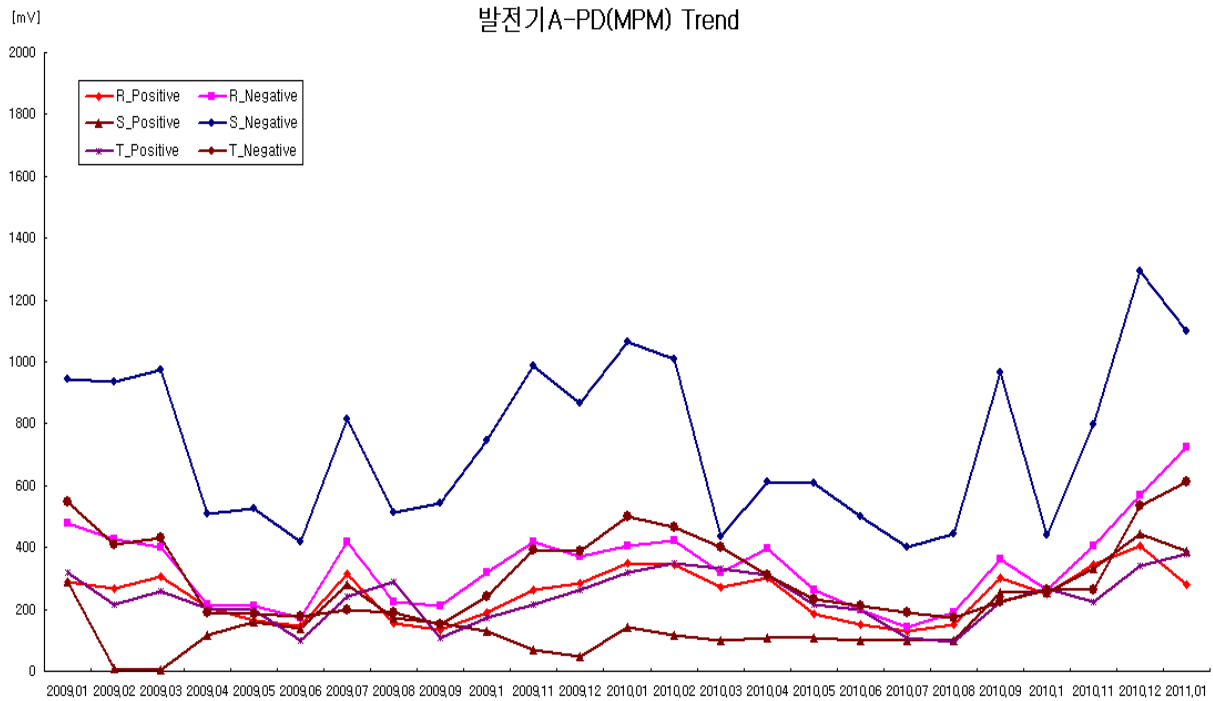


그림 8. 운전 중 MPM 추세('09.12~'11.01)
 Fig. 8. MPM trend of On-Lin PD('09.12~'11.01)

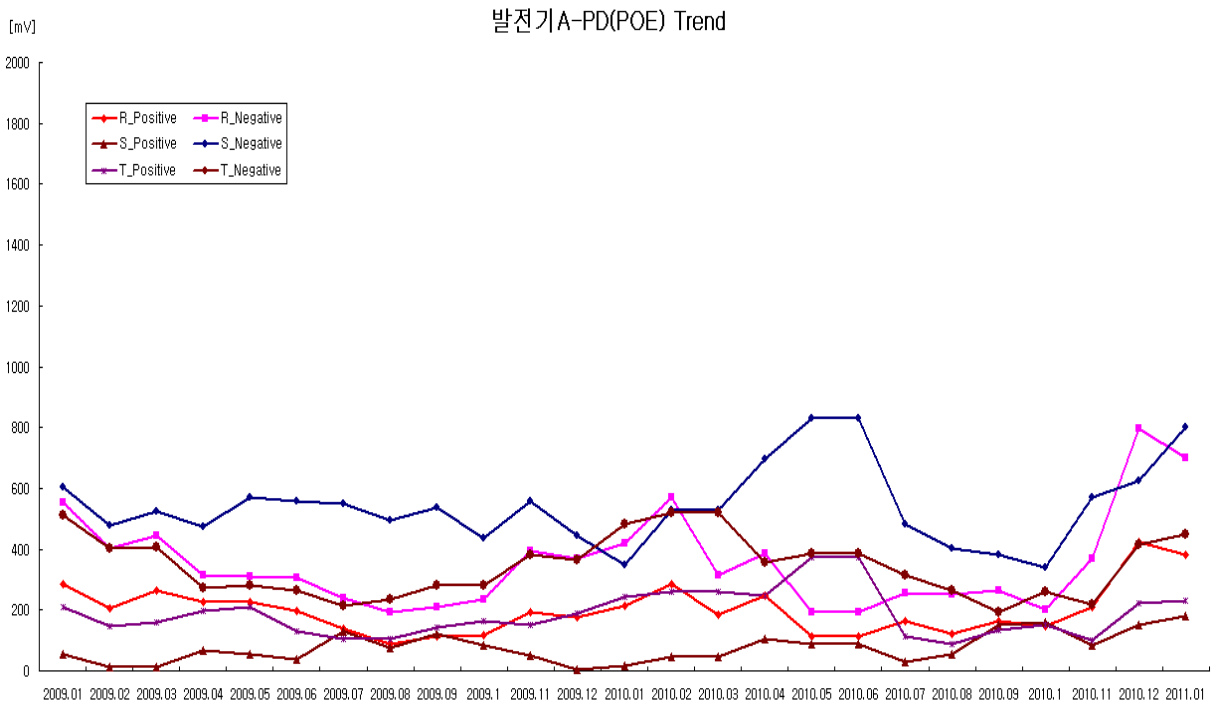


그림 9. 운전 중 POE 추세('09.12~'11.01)
 Fig. 9. POE trend of On-Lin PD('09.12~'11.01)

4.1 운전 중 측정 데이터

시험대상 발전기 고정자 권선에 대한 운전 중 부분방전측정 그래프는 그림 6, 7과 같다. 그림 6은 2009년 2월 중에 측정된 S상 그래프이며, 그림 7은 2009년 10월 중에 측정된 S상 그래프이다. 그림 6, 7에서 부극성(180~360[°], Negative) 부분방전량이 정극성(0~180[°], Positive) 부분방전량에 비하여 크게 나타나고 있는 것으로 분석 되었다. 그림 8과 9는 2009년 1월부터 2011년 1월까지 측정된 최대부분방전량과 부분방전 발생에너지 추세를 나타내고 있다.

그림 8의 최대부분방전량(MPM) 데이터를 분석하면 2009년도에는 R, T상은 모두 700[mV] 이하이며 S상 부극성 방전량은 400~1,200[mV] 사이를 나타내고 있고 계절적으로 동절기인 1월~3월에 최대를 나타내고 이후 7월에 다시 증가 경향을 보이다 8월 이후 다시 감소하는 패턴을 나타내었다. 7월은 수력발전의 특성상 방전량 증가에 따라 최대부분방전량 값이 증가되는 것으로 보인다. 2010년도에는 R, T상은 모두 전년도와 같이 700[mV] 이하로 안정적이며 S상 부극성 방전량은 다소 증가하여 400~2,000[mV]를 나타내었다.

그림 9의 부분방전발생에너지(POE) 데이터는 2009년도에 3상 권선 모두 600[mV] 이하를 나타내고 있으며 S상 부극성 방전량이 7월에 증가하였다가 8월 이후 안정된 상태를 나타내고 있다. 2010년도에는 전년도에 비하여 최대값은 다소 증가한 830[mV] 이하를 나타내고 있으나 급격한 방전량 증가 추세가 없으므로 3상 권선 모두 양호한 상태로 판단된다. S상은 최대부분방전량과 부분방전발생에너지 추세에서 부극성 방전량이 큰 것으로 분석되었다. S상은 측정 초기부터 지속적으로 부극성 부분방전량이 정극성 부분방전량에 비하여 2배 정도 크게 나타나고 있다. 일반적으로 정극성 부분방전이 크게 발생하면 절연체 표면 또는 슬롯 부분에서의 방전이 크게 발생하는 것을 의미하고, 부극성의 부분방전이 크게 나타나면 절연물의 내부 도체 부근에 위치한 공극 부분 등에서의 부분방전이 우세하게 발생중임을 의미한다. 운전 중 부분방전 진단 데이터 분석 결과 최대부분방전량 및 부분방전발생에너지 등에서 급격한 방전량 증가 추세가 발생되지 않아 시

험대상 기기는 양호한 절연내력을 유지하는 상태로 분석되었다.

4.2 정지 중 측정 데이터

정지 중 진단시험은 절연저항시험, 권선저항시험, 성극지수시험, 유전정접시험 및 부분방전시험과 함께 정기적으로 진행되고 있으며 2004년, 2009년, 2011년 시험 데이터를 바탕으로 분석하였다. 부분방전시험과 유전정접시험을 위하여 Heafely Trench사의 Schering Bridge (Type2818)와 PD Detector(TE571), 교류내압기(공진형 20[kV], 20[A], 400[kVA])를 조합하여 고정자 권선에 1[kV] 단계로 정격전압 13.8[kV]까지 시험전압을 인가하였다.

표 4는 정지 중 진단시험의 결과를 나타내었다. 권선저항 및 유전정접시험에서는 일반적인 기준치를 만족하면서 연도별로 큰 차이가 변화가 없었으며, 절연저항 및 성극지수시험에서는 연도별로 다소 차이가 났고, 특히 절연저항은 일반적인 기준치인 100[MΩ]을 만족하지 못하였다. 이는 정지 중에 진단시험을 실시함에 따라 절연물 흡습에 의한 것으로 환경에 따라 영향을 받는 직류시험의 특성에 기인한 것으로 판단된다.

표 4. 정지 중 진단시험 결과
Table 4. Results of insulation diagnosis(Off-line)

구 분	판정기준	2004년	2009년	2011년
절연저항시험[MΩ]	100이상	84	177	75
권선저항시험[mΩ]	5[%]이하 (상간편차)	4.14	4.10	4.09
성극지수시험	2.0이상	8.93	7.23	4.97
유전정접시험(Δtanδ)	6.5이하	0.72	0.62	0.62

그림 10~12에는 상전압(8.1[kV])의 1.25배인 10[kV]에서 측정한 정지 중 부분방전시험 결과 그래프를 나타내었다. '04년도에 측정한 그림 10에서는 부분방전 빈도수가 비교적 많이 측정되었고, '07년도에 측정한 그림 11에서는 '04년도 보다는 부분방전 크기는 다소 커졌지만 부분방전 빈도수는 적어진 것으로 나타났다. '10년도에 측정한 그림 12에서는 부분방전 빈도수 및

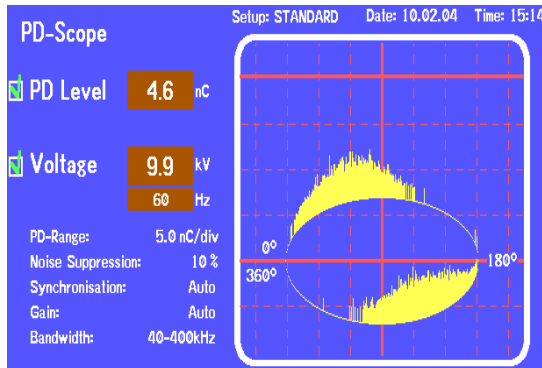


그림 10. 정지 중 측정된 부분방전 그래프(2004년)
Fig. 10. Graph of Off-Line PD(2004)

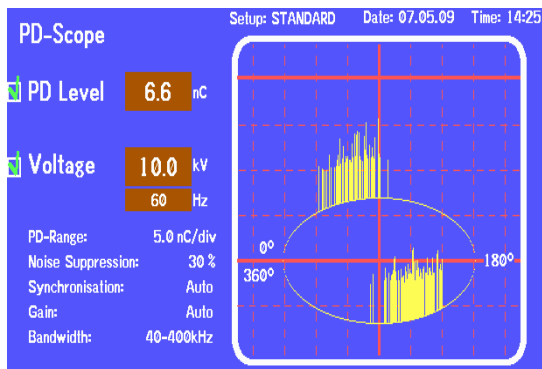


그림 11. 정지 중 측정된 부분방전 그래프(2009년)
Fig. 11. Graph of Off-Line PD(2009)

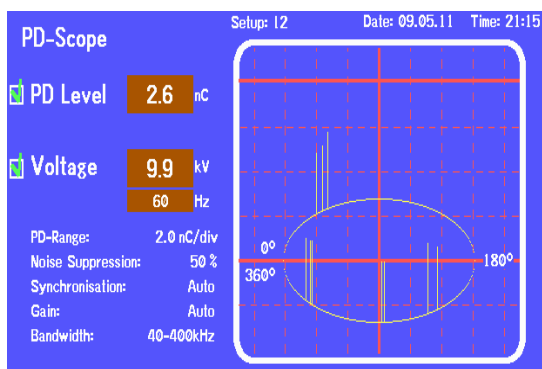


그림 12. 정지 중 측정된 부분방전 그래프(2010년)
Fig. 12. Graph of Off-Line PD(2010)

크기가 비교적 작게 측정되었다. 연도별 부분방전 진단시험에서 측정 연도에 따라 다소 차이를 나타내고 있는 것은 측정되는 부분방전량이 pico Coulomb[pC]

단위의 매우 작은 값으로 측정 시 주위환경, 시료상태, 교정필스키기, 시험오차 등에 영향을 받기 때문에 판단되며 측정결과도 일반적으로 사용되는 부분방전 판정 기준치(10,000[pC]) 이하로 측정되어 절연물의 상태는 양호한 것으로 판단된다. 또한 고정자 권선에 대한 육안점검 결과에서도 권선절연물의 탄화 흔적이나 박리(Delamination) 등 심각한 결함은 발견되지 않았다. 따라서 정지 중 진단시험 결과 시험대상 기기는 양호한 절연내력을 유지하는 상태로 분석되었다.

4. 결 론

본 논문에서는 13[kV]급 수력발전기 고정자 권선에 설치되어 사용 중인 운전 중 부분방전 진단시스템에서 취득된 부분방전 데이터와 정지 상태에서 측정된 진단 데이터(절연저항, 권선저항, 성극지수, 유전저장, 부분방전)를 분석함으로써 고정자 권선의 절연상태에 관하여 고찰하였고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 시험대상 수력발전기 고정자 권선의 절연상태는 2009년 1월부터 2011년 1월까지 측정된 운전 중 부분방전 진단시험 분석결과, 최대부분방전량과 부분방전발생에너지 측정 값의 급격한 증가현상이 발견되지 않아 표 1의 상태판정기준을 만족하였으며, 정지 중 진단시험에서도 표 4에서처럼 일반적인 진단 기준치를 만족한 것으로 나타났다. 따라서 25년이 경과한 13[kV]급 수력발전기 고정자 권선의 절연상태는 양호한 상태인 것으로 분석되었다.
2. 운전 중 부분방전시험 결과와 정지 중 절연진단시험 결과를 비교분석하여 양호한 상태에 대한 유사성을 서로 확인함으로써 현재 사용 중인 운전 중 부분방전 진단시스템의 신뢰성을 확인할 수 있었으며, 운전 중 부분방전 진단시스템에서 이상현상 발생 시 정지 중 진단시험과의 비교분석에 대한 고찰이 요구되어 진다.
3. 운전 중 부분방전 시스템은 운전 중에는 중성점 부근에 전압이 거의 인가되지 않아 전반적인 열화 상태 판정이 어렵고 외부잡음에 의한 부분방전신호의 간섭 현상 등의 한계점을 가지고 있으므로

운전 중 진단시스템에서 이상현상 발생 시 정지 중 진단시험을 통하여 절연상태를 정확히 평가하는 방법이 가장 효과적인 방법으로 판단된다.

향후 운전 중 부분방전 진단시스템의 지속적인 데이터 축적이 예상됨에 따라, 정확도 높은 권선의 절연상태 평가를 위하여 진단데이터 분석기술 개발 및 이를 통한 새로운 상태평가 파라미터 도출과 평가기준 제시를 위한 추가 연구가 필요할 것이다.

References

- [1] 강동식 외, “고압 회전기 On-line 부분방전 측정용 Ceramic Coupler 특성”, 대한전기학회 논문지, Vol.51C, No. 5. pp. 205-212, 2002.
- [2] I.M. Culbert, H. Dhirani and G.C. Stone, “Handbook to Assess the Insulation Conduction of Large Rotating Machines (Volume 16)”, EPRI publication EL-5036, 1989.
- [3] IEEE Std 1434-2000, “IEEE Trial-Use Guide to the Measurement of Partial Discharges in Rotating Machinery”, Aug. 2000.
- [4] 강동식 외, “13[kV]급 수력발전기 고정자 권선용 On-line 부분방전 측정 시스템 개발 및 현장적용 평가”, 대한전기학회 논문지, Vol.55C, No4. pp. 189-198, 2006.4.
- [5] 한국수자원공사, “특별고압회전기 및 케이블의 절연열화 진단연구” pp 68~69, 1990.11.
- [6] 산업자원부, “수력발전기 고정자 권선의 운전중 부분방전 진단시스템 개발”, 최종보고서, 2006.7.
- [7] C. Hudon and M. Belec, “Partial discharge signal Interpretation for Generator Diagnostics”, IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.12, No. 2, pp. 297-319, 2005.
- [8] Partial discharge measurements. IEC 60270, 2001.

◆ 저자소개 ◆



장정호 (張鼎皓)

1972년 2월 25일생. 1998년 건국대학교 전기공학과 졸업. 2007년 충남대학교 전기공학과 졸업(석사). 2010년~현재 충남대학교 전기공학과 박사과정. 현재 한국수자원공사 Kwater연구원.

Tel : (042)870-7671

Fax : (042)870-7699



이동근 (李東根)

1993년 2월 경북산업학교 기계공학과 졸업. 2007년 8월 충남대학교 기계공학과 졸업(석사). 2010년 2월 충남대학교 기계공학과 수료(박사). 현재 한국수자원공사 K-water연구원 수석연구원.



이광호 (李興浩)

1950년 10월 28일생. 1973년 서울대 공업교육과(전기전공) 졸업. 1977년 동 대학원 공업교육과 졸업(석사). 1994년 동 대학원 컴퓨터공학과 졸업(박사). 1983~1984년 플로리다공대 방문교수. 현재 충남대학교 전기공학과 교수.