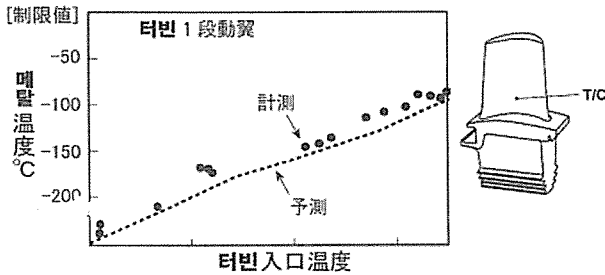


가를 취득하게 되었다. 또, 부하시험 종료 후의 부하차단 시험을 수행, 플랜트의 동특성의 데이터 취득을 수행, 시스템으로서의 건전성도 확인하게 되었다.



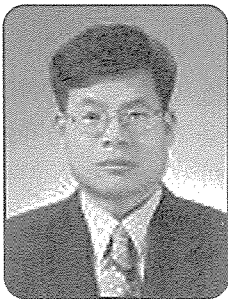
[그림 63] 터빈 제 1단 동익Metal Temperature

이클발전플랜트의 종합 열효율은 대폭적인 향상이 가능하게 된다. LNG 연소의 콤바인드 발전설비는 그 탁월한 열효율로 CO₂의 발생이 다른 화석연료를 이용한 발전보다 적다. 예를 들면, 석탄 연소의 전통적인 발전설비에 비해, CO₂ 배출량은 약 절반정도로 낮아 지구 온난화 대책의 방안으로서 주목을 받고 있다. 또, 저 NO_x 화 등의 연소기술의 진보에 의해, 그 밖의 배기 배출도 적은 환경친화적 발전이며, 차세대 를 향한 고효율 대용량 발전의 열쇠를 쥐고 있다. 가스 터빈은 대용량 발전설비 시장을 리드하는 주기기로 서, 앞으로도 신 재료의 개발, 압축기, 터빈 등, 요소 효율의 향상, 저 공해 등, 사회가 요구하는 니즈에 응 답하기 위한 개발이 가속적으로 이루어질 것으로 예 상된다.

5. 금후의 가스터빈 개발

가스터빈의 고온·고 효율화에 의해 콤바인드 사

고압전동기 및 발전기 운전 중 부분방전 감시기술



한전 전력연구원
수화력발전연구소
전기정비지원그룹
선임연구원 김희동 공학박사
Tel : 042-865-5461

1. 서론

고압전동기 및 발전기 고정자 권선의 주절연재료 로 마이카/에폭시 복합재료가 사용되고 있으며, 운전 중에 열적, 기계적, 전기적 응력(stress) 및 외부환경에 의한 열화요인이 단독 혹은 복합적으로 작용한다. 열

적요인은 열응력과 열분해로 분류되는데, 열응력은 기계적 응력과 더불어 균열(crack)을 발생시키고 열 분해는 에폭시 분해로 인해 가스압력이 증가하여 접착강도를 저하시켜 계면에서 박리(delamination)를 발생시킨다. 기계적 응력은 계면과 마이카/에폭시 테이 프 내부에서 각각 미소 균열을 발생시키고 동시에 이 미 다른 원인에 의해 생성된 균열을 확대시킨다. 전기적 응력은 박리, 균열과 같은 결함부에서 부분방전 이 발생하여 유전점접의 증가, 코로나 침식 및 트리 (tree) 등으로 진행하다가 마이카 조각이 존재하면 진 전이 억제된다. 열화의 최종단계에서는 독립적으로 발생된 미소 균열이 상호결합하고 트리가 급속히 진 전하여 절연파괴에 이른다[1].

이와 같이 여러 종류의 결함이 고압전동기 및 발전 기 고정자 권선 제작시에 존재하거나 장기간 운전되

는 동안에 절연열화와 환경적인 영향에 의해 주로 발생되며, 결합 위치에 따라 내부방전, 슬롯방전, 도체표면에서 방전 및 트리잉 방전 등 여러 형태로 부분방전 패턴이 분류된다[2]. 부분방전 패턴을 고압전동기 및 발전기 정지중(off-line)과 운전중(on-line)에 측정하여 절연재료에서 열화정도를 판정하고 있다. 일반적으로 정지중과 운전중에 부분방전(partial discharge; PD)을 측정하는 장비가 서로 다르지만 부분방전 패턴은 상호 일치성을 갖고 있다[3].

발전소, 제철소 및 화학플랜트 등과 같은 주요한 산업설비에서 운전중인 고압전동기 및 발전기의 갑작스런 절연파괴 사고는 전력공급의 신뢰성과 기업 생산성을 저하시키고, 단시간에 복구가 곤란하기 때문에 상대적으로 경제적인 손실이 매우 크게 된다. 미국 EPRI는 정격전압이 2.3kV 이상의 대용량 전동기가 설치되어 운전중인 발전소에서 7,500대를 조사한 결과, 37%는 고정자 권선에서 절연파괴가 발생한 것으로 발표하였다[4]. 또한, 고압전동기는 기동중에 발생하는 사고가 24%이며, 대부분(62%)은 정상 운전중에 고장이 돌발적으로 발생하여 실시간으로 절연열화 상태를 분석할 수 있는 감시 시스템 개발이 필요하게 되었다. 따라서 고압전동기 및 발전기 운전중 부분방전 감시기술은 고정자 권선 절연시스템의 건전성 평가를 위해 가장 확실한 방법이며, 신뢰성 있게 감지되면 국부적으로 제한된 절연재료 결함을 찾을 수 있는 유일한 측정법이다. 운전중 감시기술의 장점은 기기가 정상적으로 운전하는 동안 측정을 수행하여 얻어진 데이터의 적절한 분석을 통해 사전에 이상여부를 판정할 수 있으며, 현장 기술자들이 기본지식만 가지고 있으면 쉽게 활용이 가능하다.

2. 부분방전 감시기술의 개발 현황

2.1 캐나다

1980년대 초반부터 캐나다 Ontario Hydro사는 수력 발전기에서 부분방전 시험을 위해 회로 링 부스(ring bus)에 영구적으로 용량성 커플러를 설치하고 운전중 부분방전 진단 장비인 PDA(partial discharge analyzer)를 직접 연결하여 측정하였다. 무엇보다도 운전중 부분방전 측정은 운전동안에 열적, 전기적 및 기계적 스트레스를 규칙적으로 받는 대상물에 대해서 직접적으로 수행된다. 한편, 1980년대 후반부터 운전중인 발

전기 고정자 권선에서 부분방전을 측정하여 절연열화 상태를 진단하는 연구가 본격적으로 이루어졌다. 수력발전기의 고정자 권선을 진단하는 PDA가 캐나다의 FES사에서 개발되었다. IRIS사에서는 위상분석 기능이 추가된 PDA-partner를 개발하였으며, 1990년대 초반부터는 화력발전기 고정자 권선의 진단을 위한 TGA(turbine generator analyzer)를 상품화하였다. 현재는 고압전동기 및 발전기 고정자 권선의 절연열화 상태를 운전중에 상시감시 할 수 있는 시스템도 개발하여 캐나다, 미국 등 북미에 널리 보급되어 사용중에 있다.

2.2 독일

1986년 이래 운전중 측정은 70개 이상의 발전소에서 수행하였으며, 21개의 발전기에 연속적인 감시 목적으로 RF(radio frequency) 모니터를 설치하였다. 모든 발전기는 적어도 압력이 3bar 이상인 수소냉각식 터빈발전기이다. 3bar 이상의 수소압력과 운전전압에서는 중요한 내부방전이 일어나지 않는다. 설치된 감시 장비는 2차적인 고장으로 인해 기기의 갑작스런 정지와 정지기간 연장이 발생하기 전에 중요한 grading 결함, 소선 크래킹으로 인한 아킹과 같은 심각한 고장 상태를 조기에 감지할 수 있다. RF 모니터의 성공적인 운영으로 인해 고장을 사전에 인식함으로써 갑작스런 정지를 예방하여 사용자에게 비용절감 효과를 제공하였다. RF 신호는 발전소 전원 시스템에 위치한 몇 개의 커플링에서 받고 있으며, 설치된 커플링 위치는 발전기 삼상의 단자와 중성점, 절연된 여자기 혹은 발전기 베어링 등의 서지 캐패시터이다. 발전기는 여러 곳에 계측장비가 설치되고 주변압기와 보조변압기에 설치된 커플링은 신뢰성 시험용이다. RF 신호에 주요하게 영향을 미치는 전기적 성분에서 근원적으로 방해 신호를 제거하여 시스템의 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있다.

RF 모니터는 40dB이상의 동적인 범위를 갖는 30kHz~10MHz의 주파수 범위를 갖고 있다. 위상각, RF 신호의 크기 및 카운트 수는 오실로스코프에 나타난다. 개개의 커플링 위치의 신호 레벨은 마이크로 프로세서에 의해 등록되며, 멀티-채널 레코더에 의해 기록된다. 만약에 선택된 알람 레벨을 초과하면 발전소 배전반에 설치된 프로세서 컴퓨터에 나타난다. 전문가 시스템은 RF 레벨과 펄스 오실로그램의 평가에

사용되며, RF 모니터 옆에 있는 PC에 저장하여 모니터에서 직접 사용자가 진단을 할 수 있도록 한다. RF 모니터의 측정 원칙은 발생할 고장을 사전에 감지할 수 있는 큰 장점을 갖고 있지만, 매우 효과적인 고장에 한정된다.

디지털 프로세싱 시스템을 적용함으로써 라디오 (radio) 스테이션과 발전소 자체의 방해 펄스와 같은 신호가 발생하여 상대적으로 높은 잡음레벨을 갖는 화력발전소에서조차 역시 운전중에 내부방전을 판별할 수 있다. 예를 들면 석탄화력 발전소의 200MVA 발전기에서도 운전중 가능하다. RF 신호는 설치된 커플링 유닛(coupling unit)를 경유하여 발전기 삼상 단자를 통해 컴퓨터에 연결된 RF 모니터에 나타난다. 발전기 고정자 권선의 내부방전은 디지털 필터를 통과하며, 일반적으로 방전은 1.5bar 이하의 수소압력에서 발생하여 3bar의 정상적인 수소압력에서는 사라진다.

2.3 스위스

부분방전 감시 시스템은 고전압 전기기기에 대한 신뢰성 있는 부분방전 측정과 분석에 필요한 모든 하드웨어와 소프트웨어를 포함하고 있으며, 컴퓨터가 내장된 시스템이다. 부분방전 신호는 고주파 변상기 저압측에 설치된 용량성 커플러(10nF)에 의해 권선으로부터 전송된다. 이들 커플링 장치는 20kHz~30MHz 사이의 주파수 응답을 갖고 있으며, 기기의 고압단자에 설치할 수 있다. 신호는 커플러에서 부분방전 신호 프로세서로 전송되며, 데이터 프로세싱은 컴퓨터로 제어되는 증폭기를 사용하여 수행된다. 이 증폭기는 20~200kHz의 대역폭을 갖는 준집성(quasi-integration) 필터 특성을 제공한다. 부분방전 신호를 A/D(Analogue/Digital) 컨버터에 의해 디지털로 프로세싱 한후에 하드 디스크에 저장한다. 데이터는 특별한 소프트웨어 알고리즘에 의해 분석된다. 부가적으로 여러 가지 강력한 절차는 시간과 주파수 영역에서 노이즈 제거를 수행할 수 있다.

10nF의 용량성 커플러의 적용과 20~200kHz의 필터 주파수 범위를 사용할 때 커플러와 아주 밀접한 바/코일에서 부분방전 뿐만 아니라 권선 내부에서 발생되는 모든 것을 얻을 수 있다. 그러므로 이 주파수 범위는 MHz내에서 높은 측정 주파수 보다 노이즈에 더 민감하며, 몇가지 경우에 적어도 운전중 측정에서 노이즈 제거에 대한 특별한 절차를 적용한다.

2.4 일본

좁은(narrow) 대역폭과 세 종류의 잡음 제거법을 사용하여 고주파수에서 PD 측정이 가능한 운전중 PD 측정 시스템을 개발하였다. 세 개의 PD 센서에서 증폭된 신호는 다운 컨버터(down converter)에서 분리되고 변조된다. 변조 주파수와 다운 컨버터의 대역폭이 변하기 때문에 다른 크기를 갖는 터빈 발전기에서는 측정기를 조정할 수 있다. 노이즈 게이팅에 대한 신호는 나머지 4개 채널에서 측정한다. 펄스 크기(height)는 피크 홀드 회로(peak hold circuit)와 A/D 컨버터로 측정되며, A/D 컨버터의 샘플링 주파수는 250kHz이다. 이 측정기는 0.5초 주기로 동시에 10개 채널에서 펄스 크기를 측정한다. 노이즈 제거의 법칙과 절차는 컴퓨터에서 프로그램으로 수행한다. 주요한 데이터는 세 개의 PD 센서의 시간영역에서 PD 펄스 크기이다. 이 측정기는 펄스 크기 분석, 이력 다이어그램 및 PD 펄스 크기의 트렌드를 상별로 나타낸다.

2.5 한국

국내에서도 1990년대 초반부터 의암, 춘천수력 발전기에 케이블 커플러(cable coupler), 서울화력 발전기에 SSC(stator slot coupler)를 설치하고 PDA와 TGA를 사용하여 운전중에 주기적으로 부분방전을 측정하였다. “발전기 수명평가 및 진단 시스템 개발” 연구과제를 수행하여 발전기 운전중 진단 시스템의 기초기술을 개발하였으며, “양수발전소 발전-전동기 상시감시 시스템 개발” 연구과제 시작품을 삼랑진양수발전소 발전-전동기의 고정자 권선 부분방전, 회전자 권선 층간단락 및 공극 등을 상시감시할 수 있는 시스템을 설치하여 운영중에 있다. 2001년도에 전력연구원과 한국전기연구원에서 공동연구로 수행한 “발전소 고압전동기 절연감시 시스템 개발” 과제의 연구시작품을 국내에서는 최초로 보령화력발전소 고압전동기 10대에 설치하였다. 여기서 얻은 운전중 감시기술과 경험기술을 바탕으로 포항산업과학연구원으로부터 수탁 받은 “교류전동기 고정자 권선 결합감지를 위한 부분방전 분석기술 개발” 연구과제를 전력연구원 자체역량으로 수행되었다. 전력연구원 독자 모델 개발과 신뢰성 향상에 주력하여 개발된 부분방전 감시 시스템은 여러 가지 표본 코일을 통한 시험실 시험과 현장시험을 완료하고 광양제철소에 성공적으로 설치하였다.

3. 센서의 종류

그림 1, 그림 2 및 그림 3은 고압전동기, 수력발전기 및 터빈발전기의 운전중 진단을 위한 각종 센서를 나타내었다. 고압전동기 고정자 권선 단자박스에 상별로 에폭시-마이카 커플러(epoxy-mica coupler)를 설치하고 수력발전기는 케이블 커플러를 상별로 2개씩 6개 및 대용량 터빈발전기도 상별로 2개씩 6개의 SSC를 설치하고 TGA, PDA 및 감시 시스템 등을 사용하여 운전중에 부분방전을 측정하고 있다[6]. PDA, TGA-B(고압전동기), TGA-S(터빈발전기) 및 감시 시스템 등은 고정자 권선에서 전체적인 방전활동을

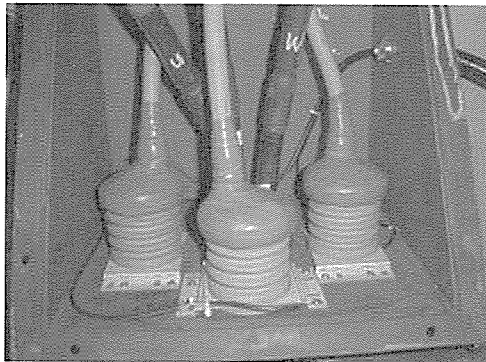


그림 1. 에폭시-마이카 커플러 센서



그림 2. 케이블 커플러 센서

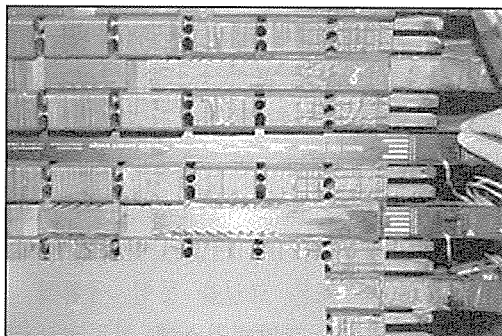


그림 3. SSC 센서

파악하기 위해 NQN(normalized quantity number), 최대부분방전 크기(Qm) 및 위상 등을 2차원과 3차원으로 측정하고 NQN과 Qm의 크기를 트렌드(trend)로 분석함으로써 이상여부를 파악하고 있다.

부분방전에 의해 전자파(electromagnetic wave)가 발생되면 SSC는 안테나와 같기 때문에 전자파의 진행에 따른 시간차(time of arrival)에 의해 발생된 두개의 신호를 양끝에서 다시 두개의 RG-178 케이블을 통하여 단말권선 방전(endwinding discharge)과 슬롯방전(slot discharge)으로 구별할 수 있다. SSC는 4kV이상의 발전기, 조상기 및 대형 고압전동기에 설치 가능하며, 두께 2mm, 길이 52cm이다. SSC의 차단 주파수(cut-off frequency)의 특성은 10MHz에서 1GHz까지이며, 특성 임피던스는 50Ω이다. 정지중에 부분방전 측정기를 사용하여 측정된 부분방전 크기가 20pC일 경우에 SSC로 환산하면 크기가 약 1mV 정도가 된다.

4. 부분방전 감시 시스템의 특성

고압회전기 고정자 권선에서 신뢰성 있는 부분방전 측정과 분석에 필요한 모든 감시 시스템 하드웨어를 전력연구원에서 자체적으로 설계 및 제작하였으며, 소프트웨어 알고리즘을 개발하여 컴퓨터에 내장하였다. 그림 4와 그림 5는 감시 시스템의 블록도와 하드웨어를 나타냈으며, 부분방전 신호는 고압전동기

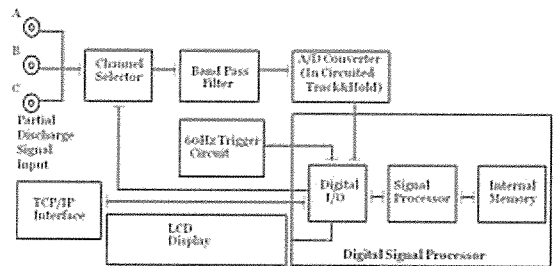


그림 4. 감시 시스템의 블록도

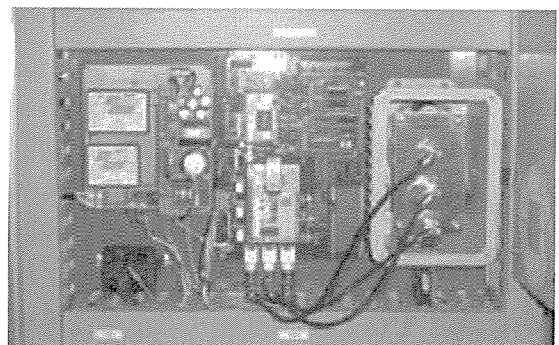


그림 5. 감시 시스템의 하드웨어

고정자 권선 단자박스에 설치된 에폭시-마이카 커플러(80pF)에 의해 전송된다. 에폭시-마이카 커플러는 높은 주파수 응답 특성을 갖고 있으며, 기기의 고압 단자에 직접 설치할 수 있다.

신호는 커플러에서 부분방전 신호 프로세서로 전송되며, 데이터 프로세싱은 컴퓨터로 제어되는 증폭기를 사용하여 수행된다. 이 증폭기는 150kHz~100MHz의 주파수 대역폭을 갖고 있으며, 1ns 만큼 짧은 라이즈 타임(rise-time)을 갖는 부분방전 펄스도 측정이 가능하다. 부분방전 펄스 크기는 피크 홀드 회로(peak hold circuit)와 A/D 컨버터로 측정한다. 최종적으로 A/D 컨버터에 의해 디지털로 변환하고 DSP(digital signal processor)에서 Qm, NQN을 연산하여 2차원과 3차원의 실시간 그래프를 하드 디스크에 저장하였다가 TCP/IP 통신을 통해 감시 시스템으로 전송한다. 이들 데이터는 특별한 소프트웨어 알고리즘에 의해 분석되고 사용자가 쉽게 인식할 수 있도록 실시간 모니터, 데이터 분석, 통신상태 및 경보 등 다양한 화면으로 구성되어 있다.

고압전동기 고정자 권선의 부분방전을 감지하는 소프트웨어는 범용의 PC 환경에서 누구나 쉽게 사용할 수 있도록 Windows 2000을 기반으로 하였으며 Windows 프로그램과 비슷한 인터페이스를 갖는다. 고압전동기 고정자 권선에서 전체적인 방전활동을 파악하기 위해 부분방전 펄스 개수, 부분방전 크기 및 위상을 2차원과 3차원으로 나타냈으며, 절연열화 상태와 정도를 실시간으로 분석함으로써 운전중에 이상 여부를 파악할 수 있다. 여러 가지 결함 요소를 갖도록 고압전동기 모델 코일을 제작하여 내부방전, 슬롯방전 및 도체표면에서 방전 등과 같은 부분방전 패턴 분석을 통해 결함 발생 원인을 규명하였다.

5. 운전중 부분방전 패턴 분석[7]

그림 6(a), (b)에서 나타난 바와 같이 고압회전기의 부분방전 크기는 정극성 펄스(positive pulse)에 비해 부극성 펄스(negative pulse)가 우세하기 때문에 부분방전 패턴이 도체표면에서 방전(discharge at conductor surface)으로 분석되었다[8]. 도체표면에서 방전은 주절연과 소선절연 사이의 미소 공극(void)에 의해 발생하며, 함침 바니쉬나 수지에 의해 완전히 채워지지 않은 소선 사이와 전이된 소선의 교차점에

서 형성된다. 미소 공극은 운전중에 열적 싸이클에 의해 역시 발생되고 주절연에서 분리된 동도체에서도 야기된다. 미소 공극에 의해 발생한 부분방전은 전기적 트리로 진전되며, 주절연, 소선 및 턴절연을 마모시키고 소선-소선, 턴-턴 사이를 단락시킨다[9].

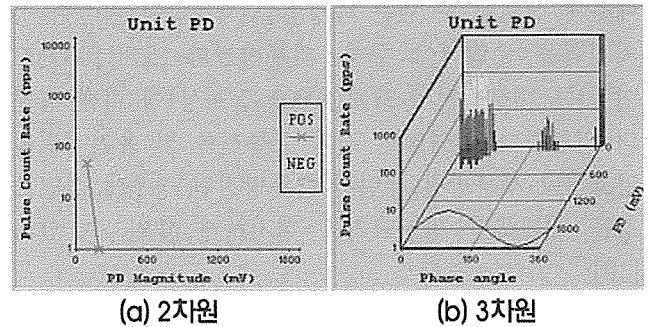


그림 6. 도체표면에서 방전

그림 7(a), (b)에서 나타난 바와 같이 고압회전기의 부분방전 크기는 부극성 펄스와 정극성 펄스가 거의 일치하기 때문에 부분방전 패턴이 내부방전(internal discharge)으로 분석되었다[8]. 내부방전은 장기간 운전에 의해 절연재료 내부의 평면(flat) 보이드 부분에서 방전이 발생되고 있으며, 주로 신규발전기 혹은 고압전동기에서 거의 60%정도를 점유하고 있다.

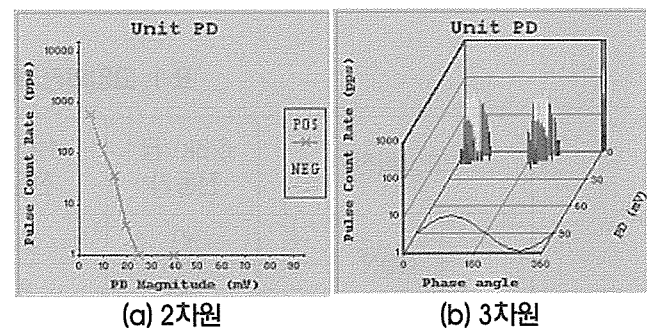


그림 7. 내부방전

그림 8(a), (b)에서 나타난 바와 같이 고압회전기의 부분방전 크기는 정극성 펄스가 부극성 펄스보다 높기 때문에 부분방전 패턴이 슬롯방전(slot discharge)으로 나타났다. Qm(+)는 Qm(-)에 비해 1.5 배 이상이 크며, 슬롯방전으로 분석되기 때문에 계획 예방정비공사를 수행할 때 정밀 분해점검 및 공장으로 반출하여 절연보강이 필수적이다[9].

표면방전의 영향을 최소화시키기 위해서 권선 직선부에 반도체 코팅(semiconducting coating)과 슬롯 외부재료에 end-grading 페인트를 사용하고 있다. 슬

롯방전은 권선 표면의 코일과 슬롯의 상대적인 움직임으로 마모되어 반도체층을 손상시킨다. 반도체층이 손상됨에 따라 일부 권선의 접지상태는 나빠지고 권선 표면에 전하가 축적되어 철심과 권선 사이에 방전을 일으킨다[10]. 대부분 슬롯방전은 정비가 가능하기 때문에 신뢰할 수 있는 측정법을 사용하여 적절한 방지계획을 수립해야 한다. 외부방전의 크기(10000pC 이하)는 내부방전의 크기(10000pC 이상)에 비해 훨씬 더 위험하다. 절연진단 결과 교류전류 및 유전정접이 양호하고 부분방전 패턴이 슬롯방전인 경우에 절연보강을 시행하면 방전크기를 현저하게 줄일 수 있다 [10].

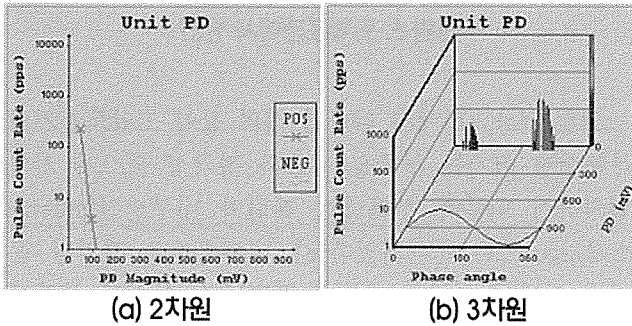


그림 8. 슬롯방전

6. 부분방전 측정결과 분석 및 평가

고압전동기 및 발전기 고정자 권선에서 운전중 부분방전 특성을 분석하기 위해 TGA-B, TGA-S를 사용하여 NQN과 최대부분방전 크기(Qm)를 표 1에 나타내었다. 19년 동안 운전한 6.6kV급 고압전동기와 최근에 고정자 권선을 재권선한 11kV급 고압전동기에서 NQN과 Qm의 측정결과를 분석하였다. 그리고 35년 이상동안 운전한 11kV급 수력발전기와 최근에 고정자 권선을 재권선한 22kV급 스팀터빈 발전기에서 NQN과 Qm의 측정결과를 분석하였다. 운전중에 절연열화 상태를 분석한 결과 6.6kV급 고압전동기와 11kV급 고압전동기는 A, B, C상 중에 C상의 NQN과 Qm이 가장 높고, 11kV급 수력발전기는 삼상 모두 슬롯방전으로 나타났으며, 장기간 운전으로 인해 고정자 권선 표면의 반도체층이 손상된 것으로 분석되고 있다. 22kV급 스팀터빈 발전기는 고정자 권선의 부분방전이 단말권선측에서 발생하지 않고 슬롯측에서 주로 발생하고 있으며, 신규 권선임으로 NQN과 Qm이 매우 낮게 나타나고 있다.

그림 9는 NQN과 Qm이 고압회전기 운전연수의 증가에 따라 절연열화 과정을 트렌드로 나타냈으며, 트

표 1. 고압회전기에서 NQN과 Qm의 크기

고압회전기			6.6kV급 전동기	11kV급 전동기	수력 발전기	스팀터빈 발전기	
						Endwinding	Slot
A상	NQN	+	90	70	53	2	4
		-	143	81	24	1	3
	Qm	+	54	45	52	2	3
		-	57	46	39	0	3
B상	NQN	+	119	132	63	0	34
		-	155	126	21	0	19
	Qm	+	101	58	52	0	25
		-	114	65	0	0	19
C상	NQN	+	449	247	41	0	14
		-	485	240	8	0	9
	Qm	+	234	126	36	0	8
		-	237	127	0	0	6

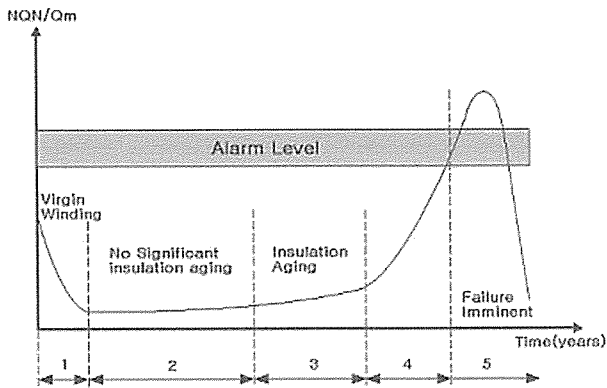


그림 9. NQN과 Qm의 트렌드

트렌드를 분석함으로써 절연열화 상태를 파악하고 있다. NQN과 Qm이 초기에는 높게 나타나다가 1년 혹은 1년 6개월 운전후에 낮아지고 일정하게 유지하다가 다시 절연열화가 발생하면 급격하게 증가한다. 일반적으로 NQN과 Qm값이 최근 6개월 동안 2~3배로 갑자기 증가하면 절연열화로 판정하여 운전중인 고압 회전기를 정지하고 육안점검과 정지중 절연진단 시험을 수행한다. 경보(alarm)는 NQN과 Qm값이 현재 나타나고 있는 값보다 2배정도 높게 조정한다.

7. 결론

고압전동기 및 발전기 고정자 권선은 오손, 제작 결함 및 절연열화로 인해 내부방전, 슬롯방전 및 도체표면에서 방전 등이 발생하며, 운전중에 부분방전 패턴을 측정함으로써 여러 가지 결함요소를 분석하여 절연열화 상태 예측에 직접적으로 활용이 가능하다. 고압전동기 및 발전기 운전중 부분방전 감시 시스템의 하드웨어와 소프트웨어를 성공적으로 개발하여 시험실과 현장시험을 완료하고 운영중에 있다. 실제로 고압전동기, 수력발전기 및 대용량 터빈발전기 운전중에 NQN과 Qm을 측정하여 절연열화 상태를 평가하였다. 따라서 고압전동기 및 발전기 운전중 부분방전 감시 시스템은 절연열화 상태를 실시간 트렌드로 분석하여 사전 예측정비를 수행함으로써 절연파괴에 의한 돌발적인 고장 억제, 설비의 운전 신뢰성 향상 및 고장으로 인한 경제적인 손실 감소 등에 크게 기여할 것으로 판단되었다. 전력연구원이 고압전동기 및 발전기 운전중 부분방전 감시기술을 자체적으로 확보함에 따라 발전회사 및 산업체 등에 적용할 수

있게 되어, 수입대체에 의한 외화절감에 크게 기여할 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] K. Mreuger, S. Oulski and H. Krivda, "Current Method of Insulation Life Expectancy for Power Apparatus", T. IEE Japan, Vol. 114-A, No. 12 pp. 845-852, 1994.
- [2] 김희동, "회전기 고정자 권선에서 부분방전 패턴 분석", 한국전력공사 전력연구원 기술개발 제42집, pp. 201-214, 2000.
- [3] 김희동, "수력발전기 고정자 권선에서 부분방전 특성", 한국전기전자재료학회 춘계학술대회, pp. 86-90, 2000.
- [4] G. Stone and J. Kapler, "Stator Winding Monitoring", IEEE Industry Applications Magazine, pp. 15-20, 1998.
- [5] P. Gruneward, J. Weidner, "Possibilities and Experience with Off-and On-Line Diagnosis of Turbine Generator Stator Winding Insulations", CIGRE, Paris, 1994.
- [6] H. Zhu, V. Green, M. Sasic and S. Halliburton, "Capacitive Couplers with Increased Sensitivity On-Line PD Measurement in Stator Windings", IEEE International Symposium on Electr. Insul., pp. 261-265, 1998.
- [7] 김희동, 주영호 "고압전동기 고정자 권선의 운전중 부분방전 패턴 분석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1824-1827, 2003.
- [8] G. C. Stone, Partial Discharge Seminar, Iris Power Engineering Inc., Vol. 1, pp. 56~78, 2001.
- [9] I. M. Culbert, H. Dhirani, and G. C. Stone, Handbook to assess the Insulation Condition of Large Rotating Machines, EPRI, EL-5036, Vol. 16, pp. 3-25~3-28, 5-13~5-14, 1989.
- [10] 김희동, "회전기 고정자 권선의 절연상태 평가", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1706-1708, 2001.