

부분방전 패턴분석에 의한 고압유도전동기 무정전 진단기법 연구

정영일, 이은석*, 김덕근, 임용배, 김종서
한국전기안전공사 부설 전기안전시험연구원

A study on the On-Line Diagnostic Technique of High Voltage Induction Motor by partial discharge Pattern Analysis

Young-Ill Jung, Eun-Suk Lee, Duck-keun Kim, Lim Yung-Bae, Kim Jong-Seo
Electrical Safety Laboratory Research Institute

Abstract - High voltage(H.V.) induction motors have been applied to various industrial applications. But aging and failure of induction motors are initiated by electrical, mechanical, thermal and chemical processes during manufacturing or in-service. These defects reduce locally the dielectric strength of the insulation. At such defects partial discharges can occur, which cause further degradation of the insulation and reduce the life time of the H.V. induction motors.

Consequently in this paper, we studied the partial discharge pattern analysis of H.V. induction motor for on-site applications.

1. 서 론

전동기는 여러 방면에서 사용하기 때문에 형식이나 정격(전압, 용량, 회전수) 등이 광범위하게 적용된다. 이 때문에 부하의 상태, 운전시간, 기동정지횟수, 외적환경 등의 운전조건도 여러 가지 형태로 되어있다. 따라서 전동기의 수명은 기동이나 용도에 따라서 크게 차이가 나타나고 있다. 이러한 특성을 가진 전동기의 고신뢰성을 유지하기 위해서 기계자체의 신뢰성 향상은 운전상태의 감시·진단에 의한 이상의 조기발견과 사고의 예방보전이 필요하다. 이 때문에 절연진단의 분야는 옛날부터 많은 연구가 있었지만 아직 진단기술이 확립되어 있지 않다.

정전에 의한 점검은 생산성 등이 감소되므로 고압유도전동기도 이상상태나 열화정도를 무정전 상태에서 진단할 수 있는 새로운 기법 개발이 요구되고 있다.

이를 위해 고압유도전동기의 열화시 발생하는 여러 요인중 전기적인 검출에서 이용되는 부분방전을 검출, 패턴분석을 통해 고압유도전동기의 무정전 진단기법을 연구하였다.

2. 본 론

2.1 고압유도전동기 가속열화 실험

시료로 사용된 전동기는 국내에서 생산되는 고압유도전동기 생산업체 4개회사에서 구입한 3.3kV급 전동기(75kW, F종, 농형, 반폐형)를 실험에 사용했으며, 전동기의 구분은 제조회사별로 A, B, C, D로 구분하고, A, D 회사 제품은 열 열화후 전압 열화를 시키고 B, C회사는 전압 열화만을 실시하였다.

2.1.1 실험조건

전동기 시료에 대하여 두 단계의 열화실험을 실시하였다. 첫 번째는 열열화 실험으로 ANSI/IEEE std 101의 온도시험조건에 따라서 F종 절연의 경우 계수는 각각 A=-6.16994, B=3924.5를 적용하였으며, 이때 가속열화기간을 30일(720h)로 단축하는 경우 162℃를 인가할 수 있었다.

두 번째 단계에서는 전압 가속 열화실험으로 아래니우스식을 이용한 시모니식을 적용하여 열화 기간을 1개월(30일)로 수명단축을 할 경우 계수 n을 4로 적용하여 14kV의 단상전압을 인가하였다. 그림 1은 전압인가에 따른 가속열화 진행상태를 검출하기 위한 측정장비의 구성도이다.

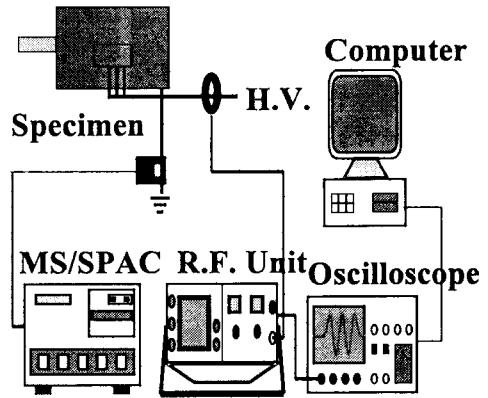


그림 1 가속열화실험 구성도

가속열화 실험중 발선 상태에서는 발선 RF측정을 하였으며, 정전상태에서의 측정결과와 비교하였다.

발전RF 측정장비(RFPAM-991D, 영국, M&B)는 고압 전선에 RF CT를 연결하여 측정을 하였다. 또한 입력된 신호는 오실로스코프(DL1200A, 일본, yokogawa)를 이용하여 위상에 대한 방전특성을 검출하였다.

2.1.2 가속열화 실험 결과

각 시료는 부분방전 신호의 누적분포를 이용한 패턴을 분석하여 측정하였다. 각 시료별 검출된 부분방전은 그림 2에서 나타난 바와 같이 초기 측정값과 절연파괴 전에 마지막으로 측정된 검출 신호를 나타내었다. 각 시료는 초기값이 높게 나타났으며 시간이 경과함에 따라 절연파괴 수명시간의 15%~20%까지는 측정값이 상승하였고 이후부터는 서서히 낮아지는 특성을 나타냈다. 열화를 실시한 A, D시료는 열 열화를 실시하지 않은 시료에 비해 빈도수가 전체적으로 낮게 나타나서 열열화에 의해서 안정한 상태를 이룰 수 있었던 것으로 판단된다. 검출된 신호는 그림 2 (a)~(d)의 경우 방전신호가 0~90°, 180°~270°에서 방전 신호가 검출되었고, 그림 2 (e)~(h)의 경우는 방전 신호가 0°, 180° 주위에서 나타났다. 이는 인가된 장비의 전원소스가 달라 나타난 것으로 판단된다. 또한 상대적으로 절연파괴 시간이 짧은 전동기의 경우는 초기값에 비해 최종값이 크게 나타났으며, 절연파괴시간이 긴 경우는 초기값에 비해 작은 방전량과 빈도수를 나타냈다. 또한 실험실에서 검출된 방전신호는 현장에 설치된 전동기와는 다른 단상 전원을 사용하였으므로 현장 측정결과와 비교분석이 반드시 요구되었다. 따라서 단순히 크기만으로 이상상태를 확인하는 것이 곤란함을 추정할 수 있었으며, 현장측정시 방전량 크기 및 위상에 따른 패턴 분석이 요구되었다.

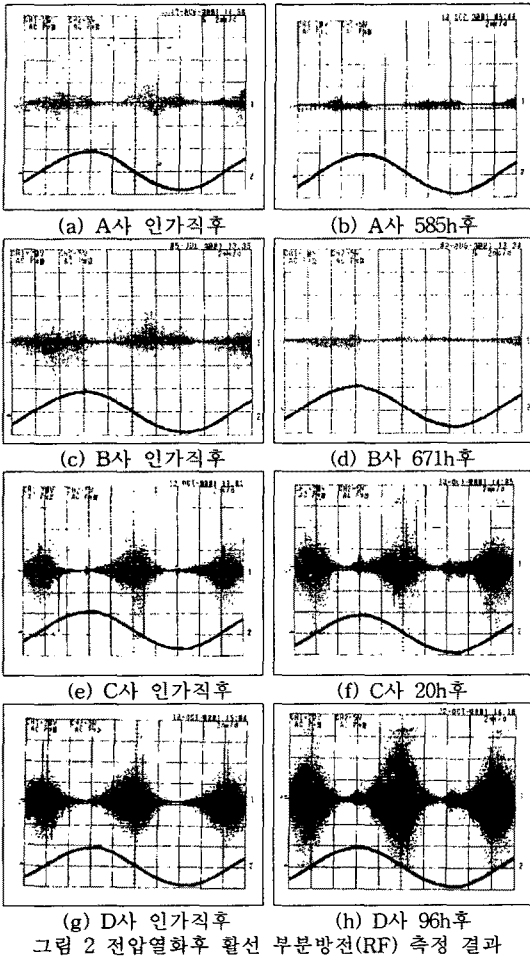


그림 2 전압열화후 활선 부분방전(RF) 측정 결과

그림2 (f)의 경우는 가장 짧은 시간에 절연파괴에 이른 C사 전동기로 절연파괴 이후에 일정시간이 경과한 후, 4.8kV까지 절연성능이 회복되었고 1700h 이상을 유지할 수 있었다. 이는 단순 절연파괴가 아닌 권선간의 Flashover현상에 의한 것으로 추정된다.

2.2 현장실측

현장측정은 한국전기안전공사 각 지사에서 설문 실태 조사 대상 수용가로 선정된 300호 가운데 서울·경인지역의 수용가를 대상으로 현장 실측을 실시하였다. 수용가의 대부분이 재철부하로 병방용 공조설비이거나 장마철에 이용되는 배수펌프용 전동기로서 구동되는 시기가 제한되어 측정의뢰시 운전중인 전동기를 보유한 수용가는 적게 나타났다. 따라서 14개 수용가 107대의 전동기에 대하여 현장실측을 실시하였다.

2.2.1 측정조건

현장측정한 14개 수용가 107대의 유도전동기중 정격별로는 3.3kV 전동기 52대, 6.6kV 전동기 55대에 대하여 측정을 실시하였고, 측정장소별로는 정수장 32대, 공장설비 53대, 유희시설 10대, 하수장 10대, 소명센터 2대였으며, 또한 측정된 전동기는 모두 농형 유도전동기이었고, 제작년도 별로는 60년대 1대, 70년대 9대, 80년대 27대, 90년대 66대, 제작년도 미확인 4대였다. 활선 RF측정은 전원선에 RF센서를 설치하여 측정하였다. 설치된 전동기

의 인입 전원측에 3상을 분리하여 측정할 수 있는 공간이 있을 경우에는 먼저 3상일괄로 측정을 하고 이후에 3상을 분리하여 측정하였다. 특히 3상을 분리해서 측정하는 경우에는 위상분포에 대한 결과 확인이 용이하였다.

2.2.2 현장측정 결과

현장에 설치되어 운전중인 전동기의 경우 실험실에서 측정과 동일한 방법으로 부분방전 신호의 누적분포를 이용한 패턴을 분석하여 측정하였다. 측정결과는 그림 3~그림 5에 나타난 바와 같이 현장에서는 3상 전원이 인가되어, 실험실에서 나타난 방전 패턴과는 다른 형태로 3상분이 누적된 형태를 나타내었다. 그 결과 현장 측정에서 검출된 부분방전 패턴은 크게 3가지로 나타났다.

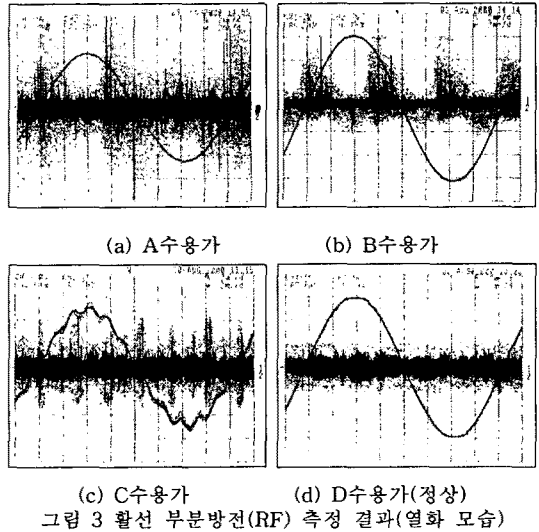
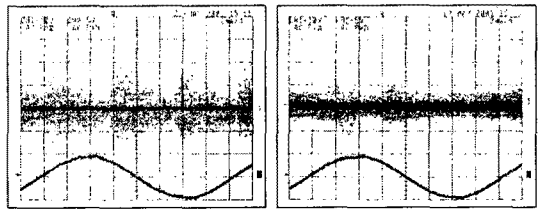
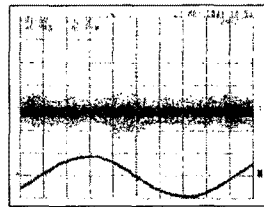


그림 3 활선 부분방전(RF) 측정 결과(열화 모습)



(a) I수용가(3상 전체방전) (b) I수용가(2상 방전)

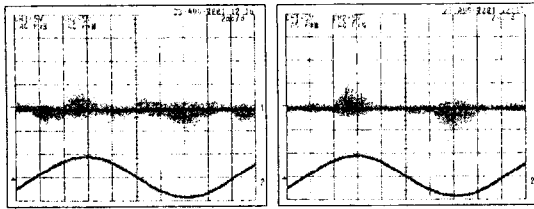


(c) I수용가(1상 방전)

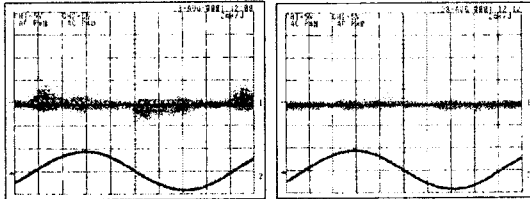
그림 4 활선 부분방전(RF) 측정 결과(상별 열화 모습)

각기 다른 현장에 설치된 전동기의 측정값을 비교하여 상대적으로 큰 부분방전량을 나타내는 경우(그림 3)와 동일 현장에 설치된 전동기의 경우 방전량은 상대적으로 작지만 빈도수가 높고 이상 패턴을 나타내는 경우(그림 4), 동일 전동기의 경우 3상 측정시는 부분방전량이 작게 나타났으나 상별로 분리 측정시 부분방전량이 크고 패턴분포가 이상상태를 나타내는 경우(그림 5)로 나타났다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금에 의해 수행되었습니다.



(a) L수용가(3상 전체) (b) L수용가(a상)



(c) L수용가(b상) (d) L수용가(c상)

그림 5 활선 부분방전(RF) 측정 결과(상별 측정 모습)

3. 결 론

고압 유도전동기에 고전압을 인가한 가속열화 실험과 현장 실측을 통하여 활선상태에서 부분방전 특성을 검출하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 고압유도전동기의 부분방전 신호검출시 부분방전신호를 CT형 RF센서를 이용해 전원 인가선에서 검출한 결과, 부분방전 신호를 일정시간동안 누적하여 부분방전 패턴을 누적하는 방법은 활선상태에서 절연물의 열화진행 정도를 파악하는데 매우 효과적이다.
- (2) 현장에서 검출된 부분방전 신호는 실험실에서 검출된 신호의 3상분의 누적치와 동일한 특성이 검출되었다.
- (2) 현장에 설치된 고압유도전동기의 이상상태를 검출하는 방법중 부분방전 패턴분석 방법은 크게 3가지 형태로 나타났다.
 - 큰 부분방전량을 나타내는 경우
 - 방전량은 상대적으로 작지만 빈도수가 높고 위상분포상태가 큰 경우
 - 동일 전동기에서 3상 측정시는 부분방전량이 작게 나타났으나 상별로 분리 측정시 부분방전량이 크고 빈도수가 높으며 위상분포 상태가 큰 경우.

[참 고 문 헌]

- [1] 전기안전시험연구원, "부분방전 검출에 의한 물드변압기 무정전 진단기법 연구", 한국전기안전공사, pp. 119~135, pp. 173~205, 1999
- [2] 西口法明 外, "部分放電發生パターン認識による劣化診断および余壽命推定," ED-92-37, pp.1~10, 1992
- [3] ANSI C50.32-1976/IEEE Std. 117-1974, "IEEE Standard Test Procedure for Evaluation of Systems of Insulating Materials for Random-Wound AC Electric Machinery", pp. 1-24
- [4] IEEE Std. 275-1981, "IEEE Recommended Practice for Thermal Evaluation of Insulation Systems for AC Electric Machinery Employing Form-Wound Pre-Insulated Stator Coils, Machines Rated 6900 V and Below", pp. 1-11
- [5] Olaf Rudolph, "Quality Criteria of Partial Discharge Patterns", pp. 420-423, 1998
- [6] Z. Wang, D. Zhu, K. Tan, F. Li, "PD Monitoring System for Power Generator", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 5, No. 6, pp. 850-856, December 1998