



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0020657

(43) 공개일자 2016년02월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 31/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0105447

(22) 출원일자 2014년08월13일

심사청구일자 2014년08월13일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

최순호

충남 논산시 시민로258번길 9, 103동 610호 (내동, 제이파크아파트)

허창수

서울특별시 구로구 개봉로20길 158, 201동2701호 (개봉동, 현대홈타운2단지)

(74) 대리인

양성보

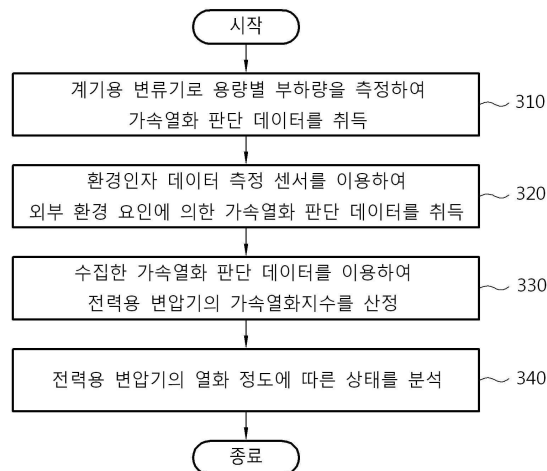
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 전력용 변압기 수명 예측 시스템 및 방법

(57) 요약

전력용 변압기 수명 예측 시스템 및 방법이 개시된다. 전력용 변압기 수명 예측 방법에 있어서, 전력용 변압기의 열화 정도를 판단하기 위해 계기용 변류기(Current Transformer; CT)로 용량별 부하량을 측정하여 가속열화 판단 데이터를 취득하는 단계; 수집한 상기 가속열화 판단 데이터를 이용하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정하는 단계; 및 상기 가속열화지수를 이용하여 상기 전력용 변압기의 열화 정도에 따른 상태를 분석하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도3



명세서

청구범위

청구항 1

전력용 변압기 수명 예측 시스템에 있어서,

전력용 변압기의 열화 정도를 판단하기 위해 외부에 마련된 계기용 변류기(Current Transformer; CT)로 용량별 부하량을 측정하여 가속열화 판단 데이터를 취득하는 데이터 취득부;

상기 데이터 취득부에서 수집한 상기 가속열화 판단 데이터를 이용하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정하는 데이터 산정부; 및

상기 데이터 산정부로부터 계산된 상기 가속열화지수를 전달받아 상기 전력용 변압기의 열화 정도에 따른 상태를 분석하는 상태 판단부

를 포함하는 전력용 변압기 수명 예측 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 데이터 취득부는

환경인자 데이터 측정 센서를 이용하여 외부 환경 요인에 의한 상기 가속열화 판단 데이터를 추가 취득하여 상기 데이터 산정부로 전송하고,

상기 데이터 산정부는

상기 가속열화 판단 데이터를 실시간으로 수집하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정하는 것

을 특징으로 하는 전력용 변압기 수명 예측 시스템.

청구항 3

전력용 변압기 수명 예측 방법에 있어서,

전력용 변압기의 열화 정도를 판단하기 위해 외부에 마련된 계기용 변류기(Current Transformer; CT)로 용량별 부하량을 측정하여 가속열화 판단 데이터를 취득하는 단계;

수집한 상기 가속열화 판단 데이터를 이용하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정하는 단계; 및

상기 가속열화지수를 이용하여 상기 전력용 변압기의 열화 정도에 따른 상태를 분석하는 단계

를 포함하는 전력용 변압기 수명 예측 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

환경인자 데이터 측정 센서를 이용하여 외부 환경 요인에 의한 상기 가속열화 판단 데이터를 취득하는 단계;

를 더 포함하는 전력용 변압기 수명 예측 방법.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서,

주변 환경 네트워크 망과 연결되어 상기 가속열화 판단 데이터를 실시간으로 수집하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정하고, 상기 전력용 변압기의 열화 정도를 판단하는 것

을 특징으로 하는 전력용 변압기 수명 예측 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 전력용 변압기 수명 예측 시스템 및 방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 변압기의 용량별 사용되는 부하량을 측정하여 내부 온도 상승을 예측하고 열화 정도를 판단할 수 있는 전력용 변압기 수명 예측 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

전력기기의 사용량이 증가함으로써 전력사용량이 급격하게 증가하고 있으며, 이에 따라 사용되는 유입 변압기의 총 대수는 증가하는 추세를 보인다. 전력용 변압기에 대한 적극적인 유지 및 보수 활동을 하고 있지만 경제부흥 시기에 전력사용량의 수요가 급증하였던 1980~90년대 설치된 설비의 교체주기를 맞이하였고, 이에 따른 변압기 고장현황은 꾸준히 증가할 것이라고 예상된다. 이러한 상황에서 변압기에 대한 건전성 진단을 한층 고도화시키고, 경년 변압기에 대한 신뢰성이 높고 효과적인 열화진단과 수명판정에 대한 기술이 필요하다.

[0003]

여기서, 변압기의 부하밀도가 점차 증가하는 이유는 다양한 원인이 작용하는데, 산업발전과 부하의 종류 다변화(기존의 전등부하에서 냉방부하로의 변화)를 통해 사용 용량이 점차 증가하고 있다. 또한, 사용의 편의성을 들어 전기를 사용하는 기기가 점차 증가함으로써, 아래와 같이 우리나라 변압기 사용량에 대한 증가추이는 계속 증가할 것이라 예상된다.

[0004]

[표 1]은 우리나라 변압기 사용량 증가 추이를 나타낸 것이다.

표 1

연도	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
대수 (ea)	1,428,510	1,546,088	1,618,889	1,651,605	1,715,164	1,787,785	1,859,245	1,917,237	1,961,059
용량 (kVA)	65,035,173	71,977,545	76,355,515	78,559,025	83,352,474	88,265,564	92,963,765	96,865,950	99,630,090
자료원: 전력통계요약, 한국전력 http://www.kepco.co.kr/									

[0005]

[0006]

우리나라 변압기의 대부분의 사고 원인으로는 열화나 절연불량에 대한 고장이 대부분을 차지하고 있다. 이는, 변압기 내부적으로 냉각불량, 주위온도의 상승에 의한 열적 효과, 일시적 과전압, 서지전압 등의 전기적인 영향과 오손, 트래킹을 유발시키는 습기, 먼지 등에 의한 환경적인 열화에 의해서 발생할 수 있다.

[0007]

이러한, 변압기에 고장 발생 시 1차적으로 대규모 정전 위험성이 존재하고 전력 품질의 문제를 발생시킬 수 있으며, 유입 변압기의 경우에는 절연유 유출문제와 사고 발생지가 도심지일 경우 화재에 의한 인명피해가 발생할 수 있고, 2차적인 문제로 토양오염과 수질오염을 유발시킬 수 있다(유입 변압기에 사용된 절연유가 광유일 경우 PCB의 환경오염 측면). 그리고, 전력용 변압기라 해도 그 크기(용량), 전압, 냉각방식이 다양하며, 제작자, 제작연도에 따라 변압기의 특성이 다를 수 있다. 또한, 설치장소의 환경(주위온도, 습도, 염해, 먼지, 특수가스 등)도 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 다양한 요인을 충족시킬 수 있는 진단기법이 필요하며 신뢰성 있는 전력설비에 대한 유지 및 관리가 요구된다.

[0008]

여기서, 유입 변압기의 열화 정도를 판단하는 방법은 물리적, 화학적, 전기적 특성 실험인 동점도, 전산가, FT-IR, 유전율, 수분함유량, 가스함유량, 절연강도, 산화도, 역률 등으로 유입 변압기의 잔류수명을 예측할 수 있지만, 이와 같은 방식은 오프라인 상으로 점검하는 방식이므로 실시간으로 수명을 측정하는데 어려움을 가지고 있으며, 관련 산업의 다양한 기술 분야가 융합되는 시점에서 새로운 변압기 수명예측 진단기술이 필요하다. 또한, 전력용 변압기와 그 부속품의 열화의 진행은 매우 완만하여 육안으로 관찰하기는 어렵고, 진단하여야 하는 변압기의 대수도 많기 때문에 발생할 문제를 사전에 발견하기 위해서는 측정되는 데이터 중심을 통해 결과를 도

출할 수 있는 수명예측 진단기술이 필요하다.

- [0009] 국외에서는 전력시스템 운영의 무인화, 유지/보수 기술, 진단 및 수명예측 관련 설계 측정기술이 현장 적용 중에 있으며, 진단기술의 핵심인 측정과 분석기술에서 디지털 기술화와 IT 및 NT, 광 측정 기술 등이 접목되어 급속히 발전되고 있으며, 선진국과 대비해 전력용 변압기에 대한 진단 및 수명평가 기술수준이 상대적으로 떨어지는데, 기술수준의 차이에 있어 기존의 진단 및 수명평가 방식에서 제시되는 아이디어를 통해 더욱 신뢰성을 가지는 효율적인 진단기술을 개발할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 변압기의 용량별 사용되는 부하량을 측정하여 변압기 내부 온도상승을 예측하고 열화 정도를 판단함으로써, 전력용 유입 변압기의 수명을 판단할 수 있는 전력용 변압기 수명 예측 시스템 및 방법을 제공하는데 있다.
- [0011] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 변압기의 외부온도, 환경적인 요인을 종합하여 열화 정도를 변압기의 수명기간 동안 지속적이고 실시간으로 파악하며, 다수의 유입 변압기의 열화상태를 한 번에 측정할 수 있는 할 수 있는 전력용 변압기 수명 예측 시스템 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 전력용 변압기 수명 예측 시스템에 있어서, 전력용 변압기의 열화 정도를 판단하기 위해 계기용 변류기(Current Transformer; CT)로 용량별 부하량을 측정하여 가속열화 판단 데이터를 취득하는 데이터 취득부; 상기 데이터 취득부에서 수집한 상기 가속열화 판단 데이터를 이용하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정하는 데이터 산정부; 및 상기 데이터 산정부로부터 계산된 상기 가속열화지수를 전달받아 상기 전력용 변압기의 열화 정도에 따른 상태를 분석하는 상태 판단부를 포함한다.
- [0013] 상기 데이터 취득부는 환경인자 데이터 측정 센서를 이용하여 외부 환경 요인에 의한 상기 가속열화 판단 데이터를 추가 취득하여 상기 데이터 산정부로 전송하고, 상기 데이터 산정부는 상기 가속열화 판단 데이터를 실시간으로 수집하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정할 수 있다.
- [0014] 다른 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 전력용 변압기 수명 예측 방법에 있어서, 전력용 변압기의 열화 정도를 판단하기 위해 계기용 변류기(Current Transformer; CT)로 용량별 부하량을 측정하여 가속열화 판단 데이터를 취득하는 단계; 수집한 상기 가속열화 판단 데이터를 이용하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정하는 단계; 및 상기 가속열화지수를 이용하여 상기 전력용 변압기의 열화 정도에 따른 상태를 분석하는 단계를 포함한다.
- [0015] 환경인자 데이터 측정 센서를 이용하여 외부 환경 요인에 의한 상기 가속열화 판단 데이터를 취득하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 주변 환경 네트워크 망과 연결되어 상기 가속열화 판단 데이터를 실시간으로 수집하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정하고, 상기 전력용 변압기의 열화 정도를 판단할 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명의 실시예들에 따르면 변압기의 용량별 사용되는 부하량을 측정하여 변압기 내부 온도상승을 예측하고 열화 정도를 판단함으로써, 전력용 유입 변압기의 수명을 판단할 수 있는 전력용 변압기 수명 예측 시스템 및 방법을 제공할 수 있다.
- [0018] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 변압기의 외부온도, 환경적인 요인을 종합하여 열화 정도를 변압기의 수명기간 동안 지속적이고 실시간으로 파악하며, 다수의 유입 변압기의 열화상태를 한 번에 측정할 수 있는 할 수 있는 전력용 변압기 수명 예측 시스템 및 방법을 제공할 수 있다.
- [0019] 그리고, 기기에 손상을 최소로 하면서 활선상에서 전력센서(CT)를 활용하여 진단이 가능하며, 현장이 아닌 컨트롤 타워에서 전력용 변압기의 수명을 판단할 수 있다. 수명을 판단 데이터는 구역별로 사용되는 전력량, 주변 환경의 조건, 변압기의 사용 부하량을 측정하여 기존의 측정 방식과 다르게 효율적으로 전력용 변압기의 수명을 예측함으로써 수동적 방식을 탈피하여 능동적으로 수명을 진단할 수 있다. 또한 전력용 변압기의 교체시기를 판

단할 수 있으므로 변압기 교체를 위한 계획을 사전에 수립할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 변압기의 과부하 인가에 따른 핫스팟 온도변화를 나타내는 도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력용 변압기 수명 예측 시스템을 나타내는 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력용 변압기 수명 예측 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 열화 판단 방법의 예를 나타내는 도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 그리드 환경 시 한 가구에서 실시간으로 측정되는 부하량을 바탕으로 열화 판단 방법을 나타내는 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0022] 변압기의 열화 정도를 판단하는 방법은 다양한 방법이 제안되고 사용되고 있다. 밀폐되어 있는 변압기에 가스센서를 부착하여 절연지와 절연유의 열화에 따른 발생하는 가스의 종류와 비율에 따라 내부에서 발생하는 문제를 예측하는 방식과 절연유를 일정량 채취하여 다양한 특성(점도, 절연내력, 수분함량, 침전물) 등을 분석하는 방법이 있다. 이와 같은 방식과는 달리 온도센서를 사용하여 변압기 내부에 직접적으로 측정하는 방식은 측정방식이 간단하고 저비용으로 감시시스템을 구축할 수 있는 장점을 가지고 있지만, 변압기 내부에 설치하여야 하므로 제조 시 설치하여야 하고, 변압기 수명 동안(약 20년 이상) 사용하는 도중 센서의 고장발생 시 교체가 어려운 단점이 있다. 이러한 이유로, 변압기의 외부에서 계기용 변류기(Current Transformer; CT)를 사용하여 부하량을 측정된 데이터를 바탕으로 변압기를 열화 정도를 판단하는 것이 센서의 적용 측면, 열화데이터 확보 측면에서 더욱 유리하다.
- [0023] 본 발명은 전력용 변압기의 열화 정도를 판단하기 위해 용량별 부하량을 CT를 측정된 후, 변압기 내부에서는 예상되는 상승온도를 바탕으로 열화 정도를 수치적으로 판단 및 분석하는데 있다. 또한, 주위 환경 인자에 대한 데이터도 열화를 판단할때 함께 고려하며, 주변 환경의 네트워크 망과 연계되어 변압기 열화에 대한 데이터를 종합적으로 판단하는데 있다. 이는, 수동적인 관별방법과 달리 실시간으로 변압기 상태를 판단할 수 있는 방법이다. 현재는 대용량 변압기에 대해서만 정기점검이나 실시간 점검을 실시하지만, 모든 유입 변압기의 열화상태에 대해서 감시할 수 있기 때문에 전력계통의 신뢰성을 높일 수 있는 방법이다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 변압기의 과부하 인가에 따른 핫스팟 온도변화를 나타낸 도이다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 유입 변압기에 부하에 따른 내부온도가 상승하는 것은 전력용 변압기의 가속열화실험을 통해 알 수 있다. 예를 들어, 10kVA급 유입 변압기의 특성은 단상 13.2kV/230V, 주파수는 60Hz, 전압 변동률은 1.83, 효율은 97.84%(역률=1.0) 이고, 내부 부하인가에 따른 온도상승을 유도하기 위해 변압기의 특성 임피던스 전압(385/2.92(v/%))의 185% 부하인 712V를 내부에 인가한 결과를 확인할 수 있다. 여기서, 변압기의 과부하 인가에 따른 핫스팟 온도변화는 약 120℃ 도달 시까지 과부하 인가될 수 있다.
- [0026] 이와 같이, 유입 변압기 내부에 높은 부하를 인가함으로써 변압기 내부에서 열을 발생시키고, 부하에 따른 절연유의 온도변화가 이루어질 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 부하량과 인가시간에 따른 변압기 내부 열화에 미치는 온도를 파악할 수 있다.
- [0027] 여기서, 전력용 변압기는 가장 높은 열이 발생하는 부분의 핫스팟 온도(Hot-spot Temperature)를 열 센서를 측정하여 일정한 공식을 적용하여 변압기의 열화정도(수명)를 판단할 수 있다. 이와 같은 이유로, 전력용 변압기에 용량대비 일정한 값의 부하가 사용될 경우, 내부적으로 발생하는 열은 일정하다고 할 수 있으므로 전력용 변압기의 내부의 온도를 측정하는 것이 아닌, 부하 정도를 측정하여 변압기 내부 핫스팟(Hot-spot)에서 발생하는 열의 온도를 산정할 수 있다.
- [0028] 유입 변압기의 온도에 따른 열화는 IEEE Std C57.91(IEEE Guide of Loading Mineral - Oil - Immersed Transformers)을 따라 분석할 수 있고, 제시된 기준에서의 유입 변압기의 수명을 180,000[hours]으로 약 20.55

년을 제시하고 있지만, 이와 같은 조건의 변압기 설치장소의 환경인자와 다양한 영향 조건에 따라 달라질 수 있으며, 또한 변압기에 인가되는 부하가 낮아 절연유의 열화가 진행되지 않을 경우 예상되는 수명보다 더 길어질 수 있다.

IEEE Std C57.91 기준으로 온도에 따라 아래와 같이 가속열화지수를 판단할 수 있고, 제시된 수식에 따른 가속 열화지수(Age factor)의 변화에 따라 가속열화 정도를 판단할 수 있으며, 이를 바탕으로 데이터 상으로 전력용 변압기의 수명 정도를 판단할 수 있다.

[표 2]는 본 발명의 일 실시예에 따른 가속열화지수를 나타낸 것이다.

표 2

Temperature °C	Age factor	Temperature °C	Age factor	Temperature °C	Age factor
<37	0.000 0	65	0.005 4	94	0.181 3
37	0.000 1	66	0.006 2	95	0.202 6
38	0.000 1	67	0.007 1	96	0.226 3
39	0.000 1	68	0.008 0	97	0.252 6
40	0.000 2	69	0.009 1	98	0.281 7
41	0.000 2	70	0.010 4	99	0.314 1
42	0.000 2	71	0.011 8	100	0.349 9
43	0.000 2	72	0.013 4	101	0.389 7
44	0.000 3	73	0.015 2	102	0.433 7
45	0.000 3	74	0.017 2	103	0.482 3
46	0.000 4	75	0.019 5	104	0.536 2
47	0.000 4	76	0.022 0	105	0.595 7
48	0.000 5	77	0.024 9	106	0.661 4
49	0.000 6	78	0.028 1	107	0.734 0
50	0.000 7	79	0.031 8	108	0.814 2
51	0.000 8	80	0.0358	109	0.902 6
52	0.000 9	81	0.0404	110	1.000 0
53	0.001 1	82	0.0455	111	1.107 4
54	0.001 2	83	0.0513	112	1.225 6
55	0.001 4	84	0.0577	113	1.355 8
56	0.001 6	85	0.0649	114	1.499 0
57	0.001 9	86	0.0729	115	1.656 5
58	0.002 1	87	0.0819	116	1.829 6
59	0.002 4	88	0.0919	117	2.019 7
60	0.002 8	89	0.1031	118	2.228 5
61	0.003 2	90	0.1156	119	2.457 6
62	0.003 7	91	0.129 5	120	2.708 9
63	0.004 2	92	0.144 9	121	2.984 5
64	0.004 8	93	0.162 2	122	3.286 5

변압기 내부 절연유의 핫스팟 온도(θ_H)를 산정하기 위해서는 다음 식을 이용하여 구할 수 있다.

수학식 1

$$\theta_H = T_{OUT} + T_{IN} + 20[^\circ\text{C}]$$

여기서, T_{OUT} 은 외기온도이고, T_{IN} 은 유입 변압기 권선에 부착된 온도 센서 중 가장 높은 온도 값을 가지는 내부 온도를 나타낼 수 있다.

그리고, 본 발명에 따른 전력용 변압기 수명 예측 시스템 및 방법은 변압기 내부의 온도를 측정하는 방식이 아닌, 전력용 변압기의 용량에 따른 상대적인 부하 정도를 계기용 변류기(Current Transformer; CT)를 사용하여 측정하며, 변압기 내부에서 발생하는 열에 대하여 예상되는 핫스팟 온도를 유추하고, 이를 바탕으로 열화 가속 인자를 추정하는 방식이다.

[0036] 다음 식은 가속인자 추정식을 나타낸 것으로, [표 2]과 같은 가속열화지수의 결과를 도출하기 위한 것이다.

수학식 2

$$F_{AA} = \text{EXP}^{\left[\frac{15000}{383} - \frac{15000}{\theta_H + 273}\right]}$$

[0038] 여기서, θ_H 은 [수학식 1]에서 구해진 변압기 내부 절연유의 핫스팟 온도(θ_H)를 나타낸다. 이에 따라, 가속열화지수를 구할 수 있으며, 높은 온도의 경우에도 가속열화지수를 산정할 수 있다.

[0039] 다음 식은 등가 수명 추정식을 나타낸 것으로, 가속열화지수를 시간과 결합하여 등가적인 수명을 계산할 수 있다.

수학식 3

$$F_{EQA} = \frac{\sum_{n=1}^N F_{AA_n} \Delta t_n}{\sum_{n=1}^N \Delta t_n}$$

[0041] 여기서, F_{EQA} 는 전체시간 동안에 이에 상응하는 가속계수이고, n 은 시간 간격(t)의 지수, N 은 시간 간격의 총 수이다. 또한, Δt_n 은 시간간격이고, F_{AA_n} 은 시간간격(Δt_n)에 존재하는 온도의 가속열화 계수를 의미할 수 있다.

[0042] 그리고, 가속열화지수가 지속적으로 변화할 때 변압기의 열화 정도를 한 번에 계산할 수 있다.

[0043] 다음 식은 산정된 등가 수명 추정식을 대입하여 가속 열화 정도를 판단할 수 있다.

수학식 4

$$\% \text{ Loss of life} = \frac{F_{EQA} \times t \times 100}{\text{Normal insulation life}} = \frac{F_{EQA} \times t \times 100}{180000 [\text{hours}]}$$

[0045] 여기서, Normal insulation life는 [표 3]과 같이 변압기의 수명에 대한 기간을 입력해 놓은 것이다.

[0046] [표 3]은 본 발명의 일 실시예에 따른 변압기의 수명 기간을 나타낸 표이다.

표 3

Basis	Normal insulation life	
	Hours	Years
50% retained tensile strength of insulation (former IEEE Std C57.92-1981 criterion)	65 000	7.42
25% retained tensile strength of insulation	135 000	15.41
200 retained degree of polymerization in insulation	150 000	17.12
Interpretation of distribution Transformer functional life test data (former IEEE Std C57.91-1981 criterion)	180 000	20.55
NOTES: 1 — Tensile strength or degree of polymerization (D.P.) retention values were determined by sealed tube aging on well-dried insulation samples in oxygen-free oil. 2 — Refer to I.2 in annex I for discussion of the effect of higher values of water and oxygen and also for the discussion on the basis given above.		

[0047]

[0048]

본 기준은 IEEE Std C57.91에서 제시하고 있는 유입 변압기의 기준에 따라서 수명을 설정한 것이고, 반도체 공장과 같은 지속적으로 전력을 공급하고 경제적인 비용보다는 높은 안전율이 필요한 시설물에 대해서는 별도의 안전율을 적용하여 수명기간을 새롭게 설정할 수 있다.

[0049]

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력용 변압기 수명 예측 시스템을 나타내는 블록도이다.

[0050]

도 2를 참조하면, 전력용 변압기 수명 예측 시스템(200)은 데이터 취득부(210), 데이터 산정부(220), 및 상태 판단부(230)를 포함할 수 있다.

[0051]

데이터 취득부(210)는 전력용 변압기의 열화 정도를 판단하기 위해 전력용 변압기의 용량별 부하량을 측정할 수 있다. 이때, 계기용 변류기(Current Transformer; CT)를 이용하여 용량별 부하량을 측정하여 가속열화 판단 데이터를 취득할 수 있다.

[0052]

그리고, 상기 데이터 취득부(210)는 환경인자 데이터 측정 센서를 이용하여 외부 환경 요인에 의한 상기 가속열화 판단 데이터를 추가 취득할 수 있고, 이를 상기 데이터 산정부로 전송할 수 있다. 여기서, 외부 환경 요인은 전력용 변압기의 설치 장소의 환경을 의미 하는 것으로, 주위온도, 습도, 염해, 먼지, 특수가스 등 변류기에 영향을 미칠 수 있는 다양한 환경 요인이 될 수 있다.

[0053]

데이터 산정부(220)는 상기 데이터 취득부(210)에서 수집한 상기 가속열화 판단 데이터를 수신하여, 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정할 수 있다. 이때, 상기 데이터 산정부(220)는 상기 가속열화 판단 데이터를 실시간으로 수집하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정할 수 있다. 그리고, 가속열화지수는 앞에서 설명한 가속열화지수 공식을 이용하여 산정하는 것이 바람직하다.

[0054]

여기서, 가속열화 판단 데이터는 전력용 변압기의 용량별 부하량을 측정하여 취득한 가속열화 판단 데이터와 외부 환경 요인에 의한 상기 가속열화 판단 데이터가 될 수 있다.

[0055]

상태 판단부(230)는 상기 데이터 산정부로부터 계산된 상기 가속열화지수를 전달받아, 상기 전력용 변압기의 열화 정도에 따른 상태를 분석할 수 있다. 이에 따라, 전력용 변압기의 열화 상태에 따른 수명을 판단할 수 있으므로, 이에 대한 적절한 대응이 가능하다.

[0056]

따라서, 측정되는 상대적 부하량뿐만 아니라 외부 환경 요인에 따라 열화현상이 변화할 수 있으므로 추가적인 환경인자 데이터 측정 센서를 적용하여야 한다. 그리고, 실시간 온도측정방식과 달리 손쉽고 안정적으로 열화 관련인자를 도출할 수 있고 변압기 내부가 아닌 외부에 설치함으로써 기기의 손상을 막을 수 있으며, 변압기의

수명(약 20년 이상) 동안에 센서도 작동하여야 하므로 측정기기의 손상에 따른 교체 시 손쉬운 교체가 가능하다.

- [0057] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력용 변압기 수명 예측 방법을 나타내는 순서도이다.
- [0058] 도 3을 참조하면, 도 2에서 설명한 전력용 변압기 수명 예측 시스템을 이용하여 전력용 변압기 수명 예측 방법을 나타낼 수 있다.
- [0059] 단계(310)에서, 전력용 변압기 수명 예측 시스템은 전력용 변압기의 열화 정도를 판단하기 위해 계기용 변류기(Current Transformer; CT)로 용량별 부하량을 측정하여 가속열화 판단 데이터를 취득할 수 있다.
- [0060] 단계(320)에서, 전력용 변압기 수명 예측 시스템은 환경인자 데이터 측정 센서를 이용하여 외부 환경 요인에 의한 상기 가속열화 판단 데이터를 취득할 수 있다. 여기서, 외부 환경 요인은 전력용 변압기의 설치 장소의 환경을 의미 하는 것으로, 주위온도, 습도, 염해, 먼지, 특수가스 등 변류기에 영향을 미칠 수 있는 다양한 환경 요인이 될 수 있다.
- [0061] 단계(330)에서, 전력용 변압기 수명 예측 시스템은 수집한 상기 가속열화 판단 데이터를 이용하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정할 수 있다. 이때, 가속열화지수의 산정은 가속열화 공식을 활용할 수 있다. 이는 앞에서 설명하였으므로 생략하기로 한다.
- [0062] 단계(340)에서, 전력용 변압기 수명 예측 시스템은 상기 가속열화지수를 이용하여 상기 전력용 변압기의 열화 정도에 따른 상태를 분석할 수 있다.
- [0063] 따라서, 주변 환경 네트워크 망과 연결되어 상기 가속열화 판단 데이터를 실시간으로 수집하여 상기 전력용 변압기의 가속열화지수를 산정하고, 상기 전력용 변압기의 열화 정도를 판단할 수 있다.
- [0064] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 열화 판단 방법의 예를 나타내는 도이다.
- [0065] 도 4를 참조하면, 변압기의 열화 판단 방법은 도 3의 전력용 변압기 수명 예측 방법을 바탕으로 수행할 수 있다.
- [0066] 단계(410)에서, 변압기의 열화 정도를 판단하기 위해 변압기 용량별 사용 부하량 데이터를 취득할 수 있다. 그리고, 변압기 용량별 사용 부하량 데이터를 취득을 위해서 전류 센서로 데이터를 취득(411)할 수 있다. 여기서, 전류 센서는 변압기 외부에 마련되는 계기용 변류기(Current Transformer; CT) 등이 될 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.
- [0067] 단계(420)에서, 외부 환경 요인에 의한 상기 가속열화 판단 데이터를 취득할 수 있다. 그리고, 외부 환경 요인에 의한 데이터는 환경인자 데이터 측정 센서 및 기상청 데이터를 종합(421)하여 획득할 수 있다. 여기서, 외부 환경 요인은 전력용 변압기의 설치 장소의 환경을 의미 하는 것으로, 변압기 주위온도, 습도, 염해, 먼지, 특수가스 등 변류기에 영향을 미칠 수 있는 다양한 환경 요인이 될 수 있다.
- [0068] 단계(430)에서, 측정된 가속열화 판단 데이터를 산정부로 유, 무선 통신을 이용하여 전송할 수 있다.
- [0069] 단계(440)에서, 시간에 따른 가속열화지수를 계산하고, 변압기의 상태를 감시할 수 있다. 이때, 가속열화지수의 산정은 가속열화 공식을 활용(441)할 수 있다. 이는 앞에서 설명하였으므로 생략하기로 한다.
- [0070] 단계(450)에서, 상기 가속열화지수를 이용하여 변압기의 열화 문제를 판단할 수 있다. 이때, 변압기의 상태를 정상, 주의 경고, 및 폐기 경고 등으로 판단하여 변압기의 상태를 나타낼 수 있다.
- [0071] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 스마트 그리드 환경 시 한 가구에서 실시간으로 측정되는 부하량을 바탕으로 열화 판단 방법을 나타내는 도이다.
- [0072] 도 5를 참조하면, 도 3의 전력용 변압기 수명 예측 방법을 바탕으로 스마트 그리드 환경 시 한 가구에서 실시간으로 측정되는 부하량을 통한 열화 판단 방법을 나타낼 수 있다.
- [0073] 단계(510)에서, 변압기의 열화 정도를 판단하기 위해 한 가구 전체의 사용 부하량 데이터를 취득할 수 있다.

- [0074] 단계(520)에서, 변압기의 사용범위로 나누어 지역 단위 데이터를 종합할 수 있다. 이때, 변압기 용량별 사용 부하량 데이터를 취득을 위해서 전류 센서로 데이터를 취득(521)할 수 있다. 여기서, 전류 센서는 변압기 외부에 마련되는 계기용 변류기(Current Transformer; CT) 등이 될 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.
- [0075] 단계(530)에서, 외부 환경 요인에 의한 상기 가속열화 판단 데이터를 취득할 수 있다. 그리고, 외부 환경 요인에 의한 데이터는 환경인자 데이터 측정 센서 및 기상청 데이터를 종합(431)하여 획득할 수 있다. 여기서, 외부 환경 요인은 전력용 변압기의 설치 장소의 환경을 의미 하는 것으로, 변압기 주위온도, 습도, 염해, 먼지, 특수 가스 등 변류기에 영향을 미칠 수 있는 다양한 환경 요인이 될 수 있다.
- [0076] 단계(540)에서, 측정된 가속열화 판단 데이터를 산정부로 유, 무선 통신을 이용하여 전송할 수 있다.
- [0077] 단계(550)에서, 큰 범위에 활용되는 유입 변압기의 가속열화 상태를 감시할 수 있다.
- [0078] 단계(560)에서, 상기 가속열화 상태에 따라 유입 변압기의 열화 문제를 판단할 수 있다. 이때, 변압기의 상태를 정상, 주의 경고, 및 폐기 경고 등으로 판단하여 변압기의 상태를 나타낼 수 있다.
- [0079] 전력용 변압기 시장은 제품의 규격이 세계 각국의 전력계통과 연관되어 있기 때문에 전력용 변압기의 교체 및 모델의 변경이 어렵고 기술변화의 속도(교체 주기)가 느리며, 제품의 수명(life cycle)이 비교적 긴 산업이다. 또한, 제품의 평균수명이 20년 이상으로 매우 길고 단기간에 기술 확보가 매우 어려운 반면 기술의 활용 기간이 비교적 장기간 가능하다. 이와 같은 산업 환경에서, 실시간 전력용 변압기의 부하 사용량을 체크하여 열화 진행 정도를 판단하는 방식은 현재 각광받고 있는 스마트 그리드의 발전시기와 맞물려 효과적으로 활용할 수 있다.
- [0080] 그리고, 전력용 변압기 중 대형 변압기는 지속적으로 관리하지만, 낮은 용량의 소형, 중형 변압기는 많은 수와 적합한 검사방법이 없고, 열화 검사 인력의 부족으로 인하여 열화와 관련된 문제를 발견하기 어려우며, 불량품이나 열화에 인한 각종사고 발생 시 전력품질에 직접적인 영향을 받는 산업에 악영향을 미치고, 국민생활에 미치는 파급효과가 매우 크다고 할 수 있다. 따라서, 제시된 본 발명을 따르면, 예상되는 사고를 사전에 예방할 수 있고 추가적인 기술개발을 통해 부가적인 수입을 유도할 수 있다.
- [0081] 더욱이, 기기에 손상을 최소화 하면서 활선상에서 전력센서(CT)를 활용하여 진단이 가능하며 현장이 아닌 컨트롤 타워에서 전력용 변압기의 수명을 판단할 수 있다. 수명을 판단 데이터는 구역별로 사용되는 전력량, 주변 환경의 조건, 변압기의 사용 부하량을 측정하여 기존의 측정 방식과 다르게 효율적으로 전력용 변압기의 수명을 예측함으로써, 수동적 방식을 탈피하여 능동적으로 수명을 진단할 수 있다. 또한, 전력용 변압기의 교체시기를 판단할 수 있으므로 변압기 교체를 위한 계획을 사전에 수립할 수 있다.
- [0082] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.
- [0083] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서,

분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0084]

실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0085]

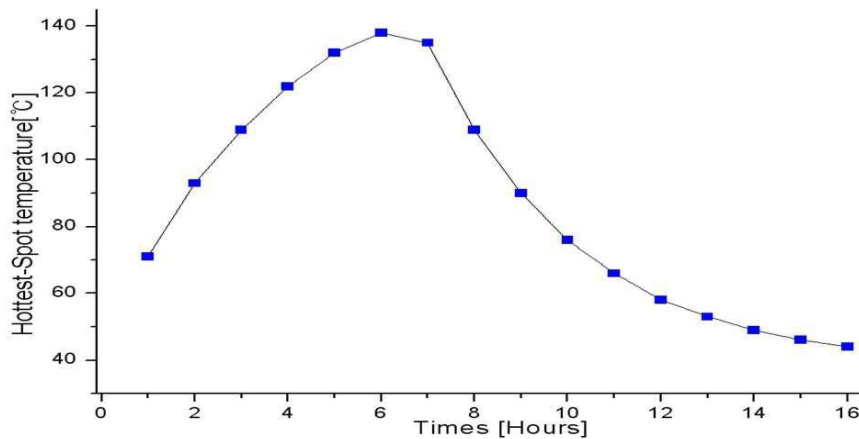
이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0086]

그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

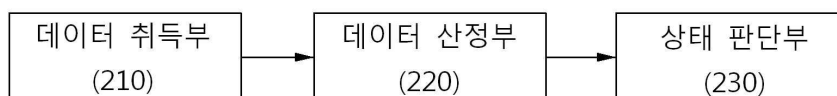
도면

도면1

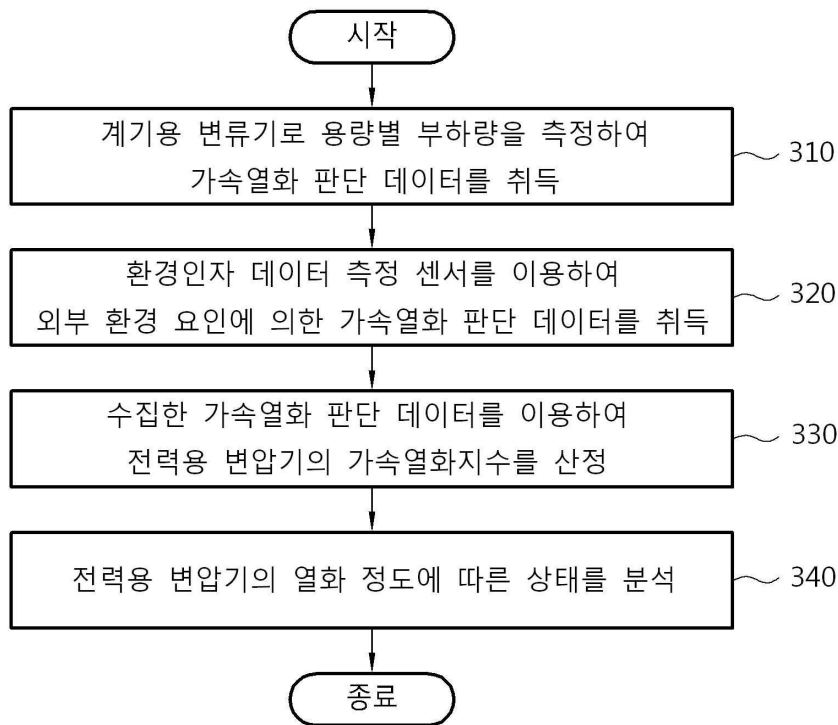


도면2

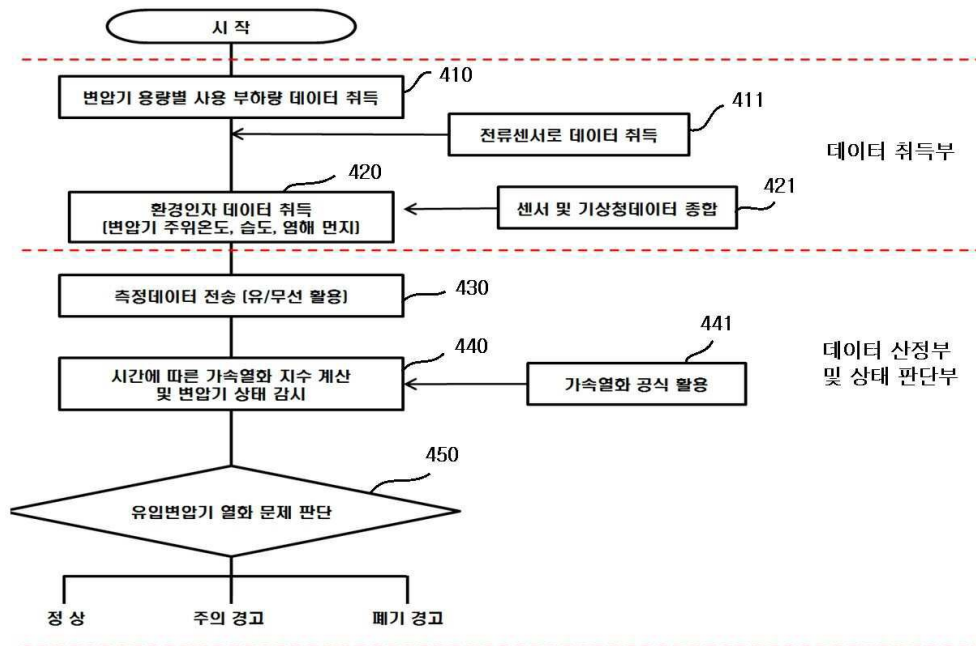
200



도면3



도면4



도면5

