(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2021 년 4 월 15 일 (15.04.2021)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2021/071189 A1

(51) 국제특허분류:
G01R 31/34 (2006.01) *G06N 20/00* (2019.01)
G01R 31/12 (2006.01) *G05B 23/02* (2006.01)
G01R 31/28 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2020/013533

(22) 국제출원일: 2020 년 10 월 6 일 (06.10.2020)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2019-0123584 2019 년 10 월 7 일 (07.10.2019) KR

(71) 출원인: 팩트얼라이언스 주식회사 (**PACT-ALLIANCE CO. LTD**) [KR/KR]; 31700 충청남도 당진시 석문면 교로길 30, Chungcheongnam-do (KR).

(72) 발명자: 이상훈 (**LEE, Sang Hun**); 38675 경상북도 경산시 경산로42길 33, 503호, Gyeongsangbuk-do (KR).

(74) 대리인: 이광재 (**LEE, Gwang Jae**); 06131 서울시 강남구 논현로93길 4, 3층, 특허사무소 온음, Seoul (KR).

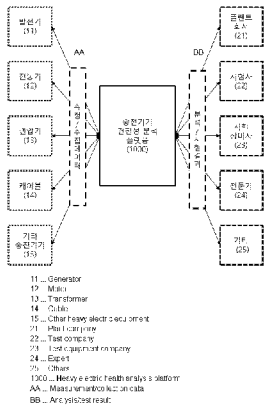
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:
— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) **Title:** PLATFORM FOR ANALYZING HEAVY ELECTRIC EQUIPMENT HEALTH AND ANALYSIS METHOD USING SAME

(54) **발명의 명칭:** 중전기기 건전성 분석 플랫폼 및 이를 이용하는 분석 방법



(57) Abstract: A platform for analyzing the soundness of heavy electric equipment comprises: work site diagnosis information input of receiving an input of data collected from the work site while a motor is stopped; online sensor data collection of periodically/discontinuously collecting data of installed sensors through a sensor module and a data collecting module; database construction using a work site diagnosis information input step and an online sensor data collection step; current reference soundness analysis of including direct current test analysis, alternating current test analysis, dissipation factor test analysis, and partial discharge test analysis, and diagnosing the soundness of the heavy electric equipment according to the current reference on the basis of data input in the work site diagnosis information input step; trend-based soundness analysis of linking to a database constructed in a database construction step to estimate an expected annual trend to analyze soundness; degradation prediction simulation analysis of generating a simulation model to analyze the soundness of the motor; online sensor data analysis of using online sensor data collected in the online sensor data collection to analyze the soundness of the heavy electric equipment; and automatic diagnosis result determination.

(57) 요약서: 중전기기 건전성 분석 플랫폼은 전동기의 기동을 멈춘 상태에서 현장에서 수집된 데이터를 입력 받는 현장 진단 정보 입력, 센서 모듈 및 데이터 수집 모듈을 통하여 설치된 센서들의 데이터를 정기적/불연속적으로 수집하는 온라인 센서 데이터 수집, 현장 진단 정보 입력 단계 및 온라인 센서 데이터 수집 단계를 데이터베이스 구축, 직류시험 분석, 교류전류시험 분석, 유전정접시험 분석 및 부분방전시험 분석을 포함하고, 현장 진단 정보 입력 단계에서 입력된 데이터를 바탕으로 현용 기준 중전기기의 건전성을 진단하는 현용 기준 건전성 분석, 데이터베이스 구축 단계에서 구축된 데이터베이스와 연계하여 연도별 예상 트렌드를 추정하여 건전성을 분석하는 트렌드 기반 건전성 분석, 시뮬레이션 모델을 생성하여 전동기의 건전성을 분석하는 열화 예측 시뮬레이션 분석, 온라인 센서 데이터 수집에서 수집된 온라인 센서 데이터를 이용하여 중전기기의 건전성을 분석하는 온라인 센서 데이터 분석 및 진단결과 자동판정을 포함한다.

WO 2021/071189 A1

명세서

발명의 명칭: 중전기기 건전성 분석 플랫폼 및 이를 이용하는 분석 방법

기술분야

[1] 본 발명은 중전기기 건전성 분석 플랫폼 및 이를 이용하는 분석 방법에 관한 것이다.

배경기술

[2] 발전기, 변압기, 전동기와 같은 노후화 된 중전기기는 고장 발생 확률 및 절연 파괴 확률이 증가한다. 특히 전동기의 경우 10년 이상 운용 전동기가 절연 파괴 고장의 대부분을 차지한다. 운전중인 발전소 및 대형플랜트의 상당수가 준공 후 10년 경과하였으며, 이미 중전기기 노후화가 진행되고 있다.

[3] 중전기기는 발전설비 운영의 중요 기기로 고장 시 발전정지와 같은 중대한 문제를 발생시키고, 절연 파괴 발생 시, 복구비용뿐만 아니라 전력 공급지장에 의한 이익 손실이 발생되고, 주변 설비까지 손실되는 사례도 발생되고 있다.

[4] 현장에서 실제로 측정한 데이터를 바탕으로 평가하는 현용 기준 분석 방법 및 시스템은 모든 중전기기에 대하여 고정된 절대적인 기준으로 평가한다. 하지만 각 제작사마다 중전기기 특성이 다를 뿐 아니라, 동일 제작사의 중전기기도 제조 시기에 따라서 특성이 다르며, 이러한 특성에 따라 절대적인 현용 기준 분석 방법으로는 고장의 예측이 어려운 단점이 있다. 더군다나 현장에서 평가하는 현용 기준 분석 방법이나 시스템은 데이터를 별도로 저장하고 이력관리를 하지 않기 때문에, 건전성 이력 데이터를 관리하는 측면에서도 여러 가지로 불편하다.

[5] 또한 중전기기 건전성 분석의 이해관계인인 플랜트 회사, 시험사, 시험장비사, 시험전문가 등이 각각 개별적으로 접촉하여 일을 진행하기 때문에, 업무의 진행이 매우 불편하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[6] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 중전기기 시험과 관련된 다양한 타입의 데이터를 관리하고 이를 이용하여 고장 시기를 예측할 수 있는 중전기기 건전성 분석 플랫폼 및 이를 이용하는 분석 방법을 제공하고자 한다.

과제 해결 수단

[7] 이러한 과제를 해결하고자, 본 발명에서 제공하는 중전기기 건전성 분석 플랫폼은 센서 모듈(210), 상기 센서 모듈(210)로부터 데이터를 수집하는 데이터 수집 모듈(220), 상기 데이터 수집 모듈(220)으로부터 데이터를 전달 받아 이를

관리하는 데이터 관리 모듈(400), 상기 데이터 관리 모듈(400)로부터 전달 받은 데이터를 기록하는 데이터베이스 모듈(500), 상기 데이터베이스 모듈(500)에 기록된 데이터를 적용하여 전동기의 진단을 실시하는 진단 분석 모듈(600)을 포함한다. 상기 진단 분석 모듈(600)은, 입력 받은 데이터들을 기존으로 건전성을 진단하는 현용 기준 절연 진단 시스템(610), 상기 데이터베이스 모듈(500)의 데이터베이스와 연동하여 연도별 예상 트렌드를 추정하여 분석하는 트렌드 기반 건전성 분석 시스템(620), 시뮬레이션 모델을 생성하여 열화를 분석하는 열화 예측 시뮬레이션 분석 시스템(630), 제공되는 온라인 데이터를 사용하여 분석하는 온라인 센서데이터 분석 시스템(640)을 포함한다.

[8] 일 실시예에 있어서, 외부 사용자 간의 결재를 진행할 수 있는 결재 모듈(110) 외부 사용자에게 보고서 및 데이터를 수집/제공하는 보고서 및 데이터 관리 모듈(120) 및 이벤트 발생시 외부로 이를 경고하는 경고 모듈(130)을 더 포함할 수 있다.

[9] 일 실시예에 있어서, 상기 센서 모듈(210)은, 상기 중전기기에 장착되어 있는 장착 센서(211), 진단 장비(212) 및 시스템 센서(213)을 포함하고, 상기 데이터 수집 모듈(220)은, 상기 장착 센서(211)의 데이터를 수집하는 PI 시스템(221), 상기 진단 장비(212)와 연동되는 일반 진단 시스템(222) 및 상기 시스템 센서(213)와 연동되는 트랜스 듀서(213)를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[10] 일 실시예에 있어서, 상기 데이터베이스 모듈(500)은 전동기 사양 데이터베이스(510), 절연 진단 데이터베이스(520), 고장이력 데이터베이스(530), 온라인 센서 데이터베이스(540), 건전성 판정 데이터베이스(550)를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[11] 일 실시예에 있어서, 트렌드 기반 건전성 분석 시스템(620)은, 대상 전동기 데이터 모수와 상기 절연진단 데이터베이스(520)를 이용한 동형 중전기기 데이터 모수를 추정하여 연도별 예상 트렌드 추정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[12] 일 실시예에 있어서, 열화 예측 시뮬레이션 분석 시스템(630)은 시뮬레이션 모델과 기계학습 기반 열화 추정 모델링을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[13] 일 실시예에 있어서, 구축하는 기계학습 기반 열화 추정 모델링은, 정상 그룹 중심점을 기준으로 각 개별 데이터를 단위 공간(Mahalanobis Space; MS) 안에 표현한 후, 이들이 중심점으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지를 단위 거리(Mahalanobis Distance; MD)를 측정하는 방법으로 정상 및 비정상을 판단하는 모델링인 것을 특징으로 할 수 있다.

[14] 일 실시예에 있어서, 상기 각 개별 데이터의 독립 변수는 절연저항1분 측정값, 성극지수판정 값, 성극지수 값, 유전정접판정 값, 유전정접 값, 교류전류판정 값, 교류전류 값, 부분고전판정 값, 부분방전고전압 값인 것을 특징으로 할 수 있다.

[15] 일 실시예에 있어서, 온라인 센서데이터 분석 시스템(640)은, 상기 데이터 수집

모듈(220)에서 수집된 온라인 센서 데이터에서 방전 패턴 값을 추출하고, 상기 방전 패턴에 따라 위험도 및 발생 원인을 추정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[16] 또한, 본 발명에서 제공하는 중전기기 건전성 분석 방법은 중전기기의 기동을 멈춘 상태에서 현장에서 수집된 데이터를 입력 받는 현장 진단 정보 입력 단계(S100), 센서 모듈(210) 및 데이터 수집 모듈(220)을 통하여 설치된 센서들의 데이터를 정기적/불연속적으로 수집하는 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200), 상기 현장 진단 정보 입력 단계(S100) 및 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)를 데이터베이스 구축 단계(S400), 직류시험 분석 단계(S310), 교류전류시험 분석 단계(S320), 유전정접시험 분석 단계(S330) 및 부분방전시험 분석 단계(S340)를 포함하고, 상기 현장 진단 정보 입력 단계(S100)에서 입력된 데이터를 바탕으로 현용 기준 중전기기 의 건전성을 진단하는 현용 기준 건전성 분석 단계(S300), 상기 데이터베이스 구축 단계(S400)에서 구축된 데이터베이스와 연계하여 연도별 예상 트렌드를 추정하여 건전성을 분석하는 트렌드 기반 건전성 분석 단계(S500), 시뮬레이션 모델을 생성하여 중전기기 의 건전성을 분석하는 열화 예측 시뮬레이션 분석 단계(S600), 상기 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)에서 수집된 온라인 센서 데이터를 이용하여 중전기기 의 건전성을 분석하는 온라인 센서 데이터 분석 단계(S700) 및 진단결과 자동판정 단계(S800)를 포함한다.

[17] 일 실시예에 있어서, 상기 현용 기준 건전성 분석 단계(S300)는 상기 현장 진단 정보 입력 단계(S100)에서 입력된 데이터를 이용하여 분석하고, 상기 트렌드 기반 건전성 분석 단계(S500)는 상기 현장 진단 정보 입력 단계(S100)에서 입력된 데이터 및 상기 현장 진단된 중전기기와 동종인 중전기기의 데이터를 이용하여 분석하고, 상기 열화 예측 시뮬레이션 분석 단계(S600)는 상기 현장 진단 정보 입력 단계(S100)에서 입력된 데이터, 상기 현장 진단된 중전기기와 동종인 중전기기의 데이터 및 상기 현장 진단된 중전기기와 동일 제작사 및 유사시기인 중전기기의 데이터를 이용하여 분석하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[18] 일 실시예에 있어서, 상기 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)는 온라인으로 수집되는 센서 데이터의 대상 중전기기 별 데이터로 분류하는 수집데이터 분류 단계(S211), 시간 및 일간별로 추이를 분석할 수 있도록 정리하는 시간/일간 추이 정리 단계(S212), 1차적으로 센서값을 판단하여 이벤트를 감지하는 기준검사 및 이벤트 검사 단계(S213) 및 이벤트가 발생할 경우 경고를 발생시키는 이벤트 발생시 경고 단계(S214)를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[19] 일 실시예에 있어서, 데이터베이스 구축 단계(S400)에서 구축된 데이터베이스는 중전기기 사양 데이터베이스(510), 절연 진단 데이터베이스(520), 고장이력 데이터베이스(530), 온라인 센서 데이터베이스(540), 건전성 판정 데이터베이스(550)를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[20] 일 실시예에 있어서, 트렌드 기반 건전성 분석 단계(S500)는, 절연진단 데이터베이스를 이용한 중전기기 기본 정보 분류 단계(S510), 대상 중전기기

측정결과 추출 단계 (S520), 정비이력 검토 단계 (S530), 대상 전동기 데이터 모수 추정 단계 (S540), 절연진단 데이터베이스를 이용한 동형 중전기기 데이터 모수 추정 단계 (S550), 절연진단 데이터베이스를 이용한 기계학습 기반 모수 추정 단계 (S560), 절연진단 데이터베이스를 이용한 해당 모수 적합성 검정 단계 (S570), 연도별 예상 트렌드 추정 단계 (S580), 현용 기준 기반 열화 예상 단계 (S590), 를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[21] 일 실시예에 있어서, 열화 예측 시뮬레이션 분석 단계(S600)는, 중전기기 원시 데이터 분석 단계(S610), 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)에서 수집된 온라인 데이터가 가산된 기동/정지, 이벤트 발생 가중치 분석 단계(S620), 시뮬레이션 모델 생성 단계(S630), 시뮬레이션 모델 생성 단계(S630)에서 생성된 시뮬레이션 모델의 파라미터 최적값 조정 단계 (S640), 상기 파라미터 최적값 조정 단계에서 조정된 값으로 모델을 확정하는 시뮬레이션 모델 확정 단계(S650), 상기 기동/정지, 이벤트 발생 가중치 분석 단계(S620)에서 분석된 결과값을 바탕으로 이벤트의 관계성을 추적하는 열화 관계성 추적 단계(S660), 상기 시뮬레이션 모델 확정 단계(S650)에서 확정된 시뮬레이션 모델을 이용하여 고장 확률을 추정하는 조건부 고장 확률 추정 단계(S670), 기계학습 기반으로 열화 모델링을 구축하는 기계학습 기반 열화 추정 모델링 구축 단계(S680) 및 상기 시뮬레이션 모델 확정 단계(S650)에서 확정된 시뮬레이션 모델과, 상기 기계학습 기반 열화 추정 모델링 구축 단계(S680)에서 확정된 기계학습 기반 열화 추정 모델링으로 최종 시뮬레이션을 완성하는 열화 예측 시뮬레이션 구축 단계(S690)를 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[22] 일 실시예에 있어서, 구축하는 기계학습 기반 열화 추정 모델링 구축 단계(S680)는, 정상 그룹 중심점을 기준으로 각 개별 데이터를 단위 공간(Mahalanobis Space; MS) 안에 표현한 후, 이들이 중심점으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지를 단위 거리(Mahalanobis Distance; MD)를 측정하는 방법으로 정상 및 비정상을 판단하는 모델링을 형성하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[23] 일 실시예에 있어서, 상기 각 개별 데이터의 독립 변수는 절연저항1분 측정값, 성극지수판정 값, 성극지수 값, 유전정접판정 값, 유전정접 값, 교류전류판정 값, 교류전류 값, 부분고전판정 값, 부분방전고전압 값인 것을 특징으로 할 수 있다.

[24] 일 실시예에 있어서, 온라인 센서 데이터 분석 단계(S700)는 상기 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)에서 수집된 온라인 센서 데이터에서 방전 패턴 값을 추출하고, 상기 방전 패턴에 따라 위험도 및 발생 원인을 추정하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[25] 일 실시예에 있어서, 진단결과 자동판정 단계(S800)에서 판결된 결과를 다시 데이터베이스 구축(S500)에 적용하기 위한 판정결과 데이터화(S900)을 더 포함하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[26] 일 실시예에 있어서, 절연 열화 예측 시뮬레이션 분석 단계(S600)에서 생성되는

시뮬레이션 모델은 상기 판정결과 데이터화(S900)단계에 생성된 데이터를 이용하여, 모델-데이터기반방법(Model & Data-driven approach)에 의해 더 정교한 모델로 업데이트 되는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

[27] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 중전기기에 대한 절연진단 시험의 추이 관리가 가능하고, 이를 통해 중전기기의 고장시기를 예측하면서 전동기를 관리할 수 있다.

[28] 또한, 기존의 센서 시스템 이외에 자체적인 시스템 센서를 활용하여 실시간으로 발전기 및 전동기의 데이터를 수집하고 모니터링 함으로써, 정기적인 점검 사이에 발생할 수 있는 고장에 대해서도 예측이 가능하다.

[29] 또한, 같은 종류의 중전기기, 동일 제조사의 중전기기, 제조 시기가 유사한 중전기기 등 각 중전기기의 특이성을 예측할 수 있는 데이터들을 고려하여 모델을 구축함으로써, 좀 더 정확한 고장 예측이 가능하다.

[30] 또한, 기계학습을 기반으로 한 모델을 적용하였기 때문에, 추가되는 데이터가 많아질수록 모델이 더욱 정교하여 지며, 자동 검토 보고서를 포함한 발생되는 다양한 형태의 데이터들을 재가공하여 다시 기계학습에 적용함으로써 더욱 정교한 모델이 가능하게 된다.

도면의 간단한 설명

[31] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성을 나타내는 개념도이다.

[32] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성 중 일부를 나타내는 개념도이다.

[33] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성을 나타내는 개념도이다.

[34] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성 중 일부를 나타내는 개념도이다.

[35] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성 중 일부를 나타내는 개념도이다.

[36] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성 중 일부를 나타내는 개념도이다.

[37] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 분석 방법을 나타내는 흐름도이다.

[38] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 분석 방법 중 현용 기준 건전성 판단을 나타내는 흐름도이다.

[39] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 분석 방법에 적용되는 데이터베이스 모듈을 나타내는 개념도이다.

[40] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 건전성 분석 시스템의 분석 방법 중

트렌드 기반 건전성 분석을 나타내는 흐름도이다.

[41] 도 11a 및 11b는 도 10의 실시예에 다른 트렌드 기반 건전성 분석에 따른 모델을 나타내는 그래프이다.

[42] 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 건전성 분석 시스템의 분석 방법 중 열화 예측 시뮬레이션 분석을 나타내는 흐름도이다.

[43] 도 13a 내지 13c는 본 발명의 다른 실시예에 따른 건전성 분석 시스템의 분석 방법 중 온라인 센서 데이터 분석을 나타내는 흐름도이다.

[44] 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 건전성 분석 시스템의 분석 방법 중 온라인 센서 데이터 분석을 나타내는 흐름도이다.

[45] 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 건전성 분석 시스템의 분석 방법 중 판정결과 데이터화를 나타내는 흐름도이다.

[46]

발명의 실시를 위한 형태

[47] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[48] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[49] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[50] 또한, 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 “포함”한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[51] 본 발명은 본 발명의 및 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한

형태로 구체화될 수 있음은 당업자에게 자명하다.

[52] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예에 대해 상세히 설명하기로 한다. 도면상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다.

[53]

[54]

[55]

[56] *시스템의 구성*

[57]

[58] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성을 나타내는 개념도이다. 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성 중 일부를 나타내는 개념도이다.

[59]

[60] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼(1000)은 다수의 중전기기들(11, 12, 13, 14, 15)과 연결되어 단말기를 통한 직접 입력 또는 온라인 경로를 통하여 측정 또는 수집된 데이터들을 전달 받는다. 또한, 플랜트 회사(21), 건전성 분석 시험사(22), 시험 장비사(23), 전문가(24) 및 기타 그룹(25)과 연결되어 분석에 대한 요청, 관리 및 대금과 관련된 결제와 시험 결과를 바탕으로 한 데이터 조회, 분석 결과 조회 등의 업무를 진행한다.

[61] 본 실시예에 따른 플랫폼은 중전기기 건전성 분석에 참여하는 업체들이 각 기기에 관련된 데이터들을 공유하여 관리하고, 건전성 분석에 따른 업무 프로세스를 하나의 플랫폼 안에서 진행할 수 있기 때문에, 효율적인 데이터 및 분석 결과의 공유, 필요한 조치들을 신속하게 진행할 수 있는 효과가 있다.

[62]

[63] 도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 전동기 건전성 분석 플랫폼(1000)은 후술될 건전성 분석 시스템을 위한 구성요소 이외에, 결재 모듈(110), 보고서 및 데이터 관리 모듈(120) 및 경고 모듈(130)을 더 포함한다. 플랜트 회사(21) 측에서는 이 플랫폼을 통하여, 시험의뢰를 직접 진행할 수 있으며, 경재 모듈(110)을 통한 결재서비스, 보고서 및 데이터 관리 모듈(120)을 통한 데이터 확인 및 전문가 조언(Action plan), 인공지능을 이용한 솔루션 제공 등을 수행할 수 있으며, 플랫폼 상에서 제공되는 기능을 통하여 전문가 교육요청 등을 수행하고 요청할 수 있다.

[64] 시험사(22) 측에서는 보고서 및 데이터 관리 모듈(120)을 통하여 데이터를 확보함으로써 전문가 및 인공지능 평가에 따른 시험데이터의 공신력을 확보할 수 있으며, 결재 모듈(110)을 통한 대금결재가 가능하다. 또한 시험사 에서는 보고서 및 데이터 관리 모듈(120)에서 획득 가능한 정보로, 위치기반 오더를 받음으로써 근거리 시험물량 확보가 가능하다. 특히, 플랫폼 상에서의 데이터를 관리하는 기능을 사용하여 과거 종이 컴퓨터를 앱형식 혹은 노트북 입력 방식으로부터 자동 입력 방식으로 데이터 입력 방식 개선이 가능하다.

[65] 시험장비사(23) 측에서는 역시 보고서 및 데이터 관리 모듈(120)을 통하여 데이터를 직접 전달 받음으로써, 정확한 기술 자료를 공유할 수 있다.

[66] 전문가(24) 측에서는 보고서 및 데이터 관리 모듈(120)을 통하여 데이터를 효과적으로 입력 및 획득할 수 있으며, 경고 모듈(130)을 통해 각종 알람을 전달받을 수 있다.

[67]

[68] 본 실시예에서 시험할 수 있는 중전기기의 항목을 예로 들면 아래와 같다.

[69]

[70] [표1]

중전기기 시험 항목

대상 설비	시험항목				
발전기	절연진단	RSO (회전자단락)	ELCID (철심건전성시험)	Wedge Tightness (웨지시험)	Online PD
전동기	절연진단	Online PD			
변압기	DGA(절연유가스분석)	PF (절연열화)	SFRA (기계변형)	절연지습분정량 측정	
케이블	절연진단				

[71] 표 1을 참조하면, 발전기, 전동기, 케이블의 절연진단은 후술될 본 실시예에서 적용되는 진단 방법에 따라 절연저항, 성극지수, 교류전류, 유전정접, 부분방전 등의 방법으로 진단이 시작될 수 있다. 단, 케이블의 경우에는 절연저항과 유전정접만 측정할 수 있다.본 실시예에의 플랫폼에서 DGA(절연유가스분석)은 변압기에 특수하게 적용될 수 있다. 구체적으로는 측정될 수 있는 용존 가스(Dissolved Gas)를 H2, CH4, C2H2, C2H4, C2H6, CO, CO2, TDCG, O2, N2 및 측정 시의 온도 값에 대한 이력을 관리하여, DGA 분석 결과를 그래프로 분석할 수 있다. 추가적으로 변압기는 PF(절연열화), SFRA(기계변형), 절연지습분정량측정 값을 더 분석할 수 있다.

[72] 본 실시예의 플랫폼에서 발전기는 절연 진단 외에도 RSO(회전자단락), ELCID(철심건전성시험), Wedge Tightness(웨지시험) 값을 추가적으로 입력 받을

수 있다. 이것은 별도의 시험장비를 통해 입력 받거나, 현장 측정에서의 값을 데이터와 함께 입력 받는 것이 가능하다. 별도의 시험장비를 이용하는 경우에는 데이터화 된 파일이나 구축된 API를 통하여 데이터를 전달 받는다.

[73]

[74] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성을 나타내는 개념도이다.

[75]

[76] 도 3을 참조하면, 본 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼(1000)은 센서 모듈(210), 센서 모듈(210)로부터 데이터를 수집하고 가공이 필요한 경우 가공하여 전달하는 데이터 수집 모듈(220), 입력 단말기(230), 네트워크 통신 모듈(310, 320), 데이터 관리 모듈(400), 데이터베이스 모듈(500), 진단 분석 모듈(600), 사용자 단말기(240)를 포함한다.

[77] 센서 모듈(210)은 개별적인 센서나 진단기기 등의 형태로 중전기기의 상태를 나타내는 데이터를 측정하고, 이것은 데이터 수집 모듈(220)에 의해 수집되고 가공된다. 이러한 데이터 수집 모듈(220)은 네트워크 통신 모듈(310)을 통하여 데이터 관리 모듈(400)으로 전달된다. 개별적으로 정기 진단에 의해 측정된 측정값은 입력 단말기(230)를 통하여 데이터 관리 모듈(400)로 전달될 수 있다. 데이터 관리 모듈(400)은 각 데이터들을 분류하고 이를 데이터베이스 모듈(500)에 전달하고 저장한다. 이렇게 저장된 자료들을 바탕으로 진단 분석 모듈(600)의 각 진단 알고리즘을 적용하여 건전성 분석을 실시한다. 이러한 분석 결과들은 사용자 단말기(240)를 통하여 조회하거나, 상태 이상이 있는 경우 별도의 경고를 받을 수 있다. 이하 각 구성요소에 대해서 구체적으로 설명한다.

[78]

[79]

[80] ***(a) 센서 구성과 데이터 수집 모듈***

[81]

[82] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성 중 일부를 나타내는 개념도이다.

[83] 도 4를 참조하면, 본 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼은 복수개의 전동기를 동시에 분석한다. 일반적인 분석 시스템은 최소 30개 이상의 전동기와 연결되어 이의 건전성을 분석한다.

[84] 도 3의 실시예와 다른 점은, 센서 모듈(210) 및 데이터 수집 모듈(220)이 복수개의 장치들로 구성되는 점이다. 이러한 센서들은 기존에 장착된 센서들로부터 데이터를 수집할 수 있고, 이력 데이터 분석에 특징적인 데이터를 얻기 위하여, 시스템 센서를 추가적으로 장착하여 데이터를 분석할 수 있다.

[85]

[86] 하나의 중전기기 (100)에는 다양한 각종 온-오프라인 센서들이 탑재된다. 예를 들어, 발전소의 전동기들은 이미 기존에 On-line 으로 내부 권선 온도 등을

측정하기 위한 장착 센서(211)가 있다. 이러한 장착 센서(211) 데이터를 수집 및 처리하기 위한 PI System(221)이 구축되어 있다. 해당 데이터는 제조사에서 제공하는 드라이버를 이용하여 요청/수집하여야 한다.

[87]

[88] 또한 센서 이외의 다른 On-line 진단 장비(212)가 설치되어 있을 수 있으며, 이 장비들은 고유의 방식으로 데이터를 수집하고 있다. 해당 장비들의 데이터를 수신하려면 제조사에서 제공하는 드라이버 혹은 프로토콜 문서가 있어야 한다. 이러한 데이터들은 기존진단시스템(222)를 경유하여 획득할 수 있다.

[89]

[90] 따라서 기존에 중전기기(100)에 탑재되었던 센서들인 장착 센서(211)가 있고, 중전기기(100)에 적용되는 별도의 진단 장비(212)가 있는 경우 이러한 데이터들은 추가적으로 획득할 수 있다. 이러한 데이터들은 기존의 시스템에 이미 설치 되어 있는 센서들을 이용하여 보다 정확한 결과를 얻기 위한 것이다.

[91]

[92] 이와는 별개로 본 실시예에서는 별도의 시스템 센서(213)을 포함한다. 이러한 시스템 센서(213)는 본 실시예에 다른 건전성 분석 시스템(1000) 내에 구성된 것으로 중전기기(100)에 추가적으로 장착된다. 상기 시스템 센서(213)은 트랜스듀서(223)에 의해 데이터가 수집 된다.

[93]

[94] 예를 들어 시스템 센서(213)는 온도 센서일 수 있다. 특히, 본 실시예의 분석 시스템(1000)은 다른 분석 시스템과는 달리 특정 시점의 데이터를 분석하는 것이 아니라, 측정된 데이터들의 이력을 분석하여 건전성을 분석하는 것이 특징이며, 이러한 데이터를 활용할 수 있는 최적의 센싱으로 온도 측정이 될 수 있다. 이러한 센서류의 데이터를 기존 구축 시스템과 별개로 수집/처리 한다. 구체적인 센싱 알고리즘과 분석에 대해서는 추후 다시 설명한다.

[95]

[96]

[97] ***(b) 데이터베이스 모듈***

[98]

[99] 데이터베이스 모듈(500)은 절연진단 데이터를 저장 및 관리한다. 별도의 하드웨어로 분리하여 구현할 수도 있고, 데이터 관리 모듈(400)에 통합하여 구현할 수 있다. 특히, 데이터베이스 모듈(500)은 제조사/제조일자/일렬번호 등과 같은 중전기기 사양에 관련된 정보, 중전기기 절연진단 결과, 중전기기 고장/정비 이력, 센서 측정결과를 저장할 수 있다. 자동 백업 데이터베이스를 포함하여, 예상치 못한 사고로부터 데이터의 보호하도록 할 수 있다.

[100] 또한 데이터베이스 모듈(500)은 센서 모듈(210)로부터 전송되는 각종 데이터들을 데이터베이스로 구축하여, 이러한 데이터들을 이력관리 시스템에 적용한다. 이것은 정기적으로 중전기기를 정지한 상태로 건전성을 관리하는

시스템에서 작동 중에 발생할 수 있는 고장 등의 발생을 미연에 방지하는 효과를 가져온다.

[101]

[102]

[103] *(c) 네트워크 통신 모듈*

[104]

[105] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성 중 일부를 나타내는 개념도이다.

[106]

[107] 도 5를 참조하면, 본 실시예에서는 네트워크 통신 모듈(310, 320)이 각각 개별적으로 구현된 형태를 볼 수 있다. 네트워크 통신 모듈(310, 320)은 시스템의 데이터 통신을 위한 수단으로 다양한 방법으로 구현될 수 있다.

[108]

[109] 통신 네트워크는 기본적으로 이더넷을 이용하며, 일반 이더넷 허브 혹은 광 스위치 등 거리 및 데이터 전송량에 따라 적절한 솔루션을 적용한다. 특히, 본 실시예에서 측정되는 전동기(100)의 개수는 30개 이상 다수의 센서들과 통신하는 환경으로 구축될 수 있으므로, 다수의 채널을 구축할 수 있는 통신 네트워크를 구성한다.

[110]

[111] 다시 도 5를 참조하면, 이러한 형태의 한 구현으로서, 기존의 PI System(221)과 기존진단시스템(222)과 데이터 관리 모듈(400)은 이더넷을 통한 통신 네트워크를 구성하고, 네트워크 라우터(312)를 통하여 데이터 관리 모듈(400)과 통신한다. 시스템 센서(213)는 트랜스듀서(223)과 광통신으로 통신하며, 별도의 이더넷 관 스위치(311)를 통하여 네트워크 라우터(312)와 연결하여, 데이터 관리 모듈(400)으로 데이터를 전달한다. 현장 진단 데이터의 경우, USB 또는 사용자의 입력에 의하여 입력 인터페이스를 통하여 입력 단말기(230) 상에서 데이터가 입력되고 이더넷 통신을 활용하여 데이터 관리 모듈(400)에 데이터를 전달한다.

[112]

[113] 네트워크 통신 모듈(310, 320)은 각 센서들의 데이터를 일정 간격으로 수집할 수 있어야 한다. 네트워크 토인 모듈(310, 320)의 기본적인 요구 조건은 시스템 전체적으로 30대 이상의 전동기 데이터를 관리할 수 있어야 하고, 데이터 관리 모듈(400)이 3채널 이상의 입력을 받을 수 있도록 하여야 하고, 데이터 관리 모듈(400)은 기본적으로 이더넷 인터페이스를 사용할 수 있도록 해야 한다.

[114] 따라서 주 네트워크는 이더넷 허브를 이용하여 구성하고, 이 허브 아래에 광-이더넷 컨버터 혹은 RS485-이더넷 컨버터를 구성한다. 그리고 각 센서의 설치 환경과 설치 위치, 데이터 전송률을 고려하여 인터페이스를 선택한다.

[115]

[116]

[117] ***(d) 데이터 관리 모듈***

[118]

[119] 개별적엔 센서들로부터 생성되는 각 데이터는 서로 다른 프로토콜로 송/수신되며, 각 데이터마다 입력 주기 및 처리 방식이 상이하다. 따라서 데이터 관리 모듈(400)에서 데이터베이스 모듈(500)로 데이터를 전달하기 전에 각 데이터를 수신하여 데이터의 종류를 판별하고 그에 따른 적절한 처리를 하여 데이터베이스 모듈(500)로 입력하도록 한다.

[120]

[121] 특히 PI 시스템, 기존 진단 시스템, 시스템 센서에서 수집된 데이터를 처리/분석하여 이벤트 발생 여부를 감지하고, 데이터를 가공하여 데이터베이스 모듈(500)에 입력할 수 있도록 한다.

[122]

[123] 특히, 데이터 관리 모듈(400)은 전동기에 장착된 시스템 센서(213) 및 트랜스듀서(223)에서 송신되는 데이터를 수신한다. 수집되는 데이터는 온도센서(RTD 혹은 열전대) 데이터를 기본으로 하고, 추가적으로 전동기 상태를 측정하는 데이터를 수집할 때는 별도의 트랜스듀서를 추가하여 이더넷 스위치에 연결하여 데이터 관리 모듈(400)에서 수집한다. 수집 주기는 데이터의 종류에 따라 초당 1회 혹은 분당 1회 혹은 일정 간격으로 수집하도록 설정한다.

[124]

[125] 데이터 관리 모듈(400)은 내환경성을 고려하지 않아도 되도록 실내에 설치하고, 트랜스듀서(223)는 동작 온도 범위 등 내환경성이 확보된 제품을 사용하되, 우천이나 습기로 인한 고장을 방지하기 위하여 외부 하우징을 적용하여 장착한다.

[126]

[127]

[128] ***(e) 진단 분석 모듈***

[129]

[130] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 구성 중 일부를 나타내는 개념도이다.

[131] 도 6을 참조하면, 진단 분석 모듈(600)은 절연진단 알고리즘을 탑재하고 시스템 소프트웨어를 구동하며 사용자 인터페이스를 제공한다. 진단 분석 모듈(600)이 탑재하는 알고리즘은 현용기준 절연 진단 시스템(610), 트렌드 기반 건전성 분석 시스템(620), 열화 예측 시뮬레이션 분석 시스템(630), 온라인 센서데이터 분석 시스템(640)에 의하여 각각 구현된다. 진단 분석 모듈(600)은 서버 클라이언트 통신 프로그램을 구동하여, 관리자용 인터페이스 및 사용자용 인터페이스를 제공할 수 있다. 구체적인 진단 알고리즘에 대해서는 추후 다시 설명한다.

[132]

[133]

[134]

[135] ***건전성 분석 프로세스***

[136]

[137] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 중저ㅓㄴ기기 건전성 분석 플랫폼의 분석 방법을 나타내는 흐름도이다.

[138]

[139] 도 7을 참조하면, 본 실시예에 따른 분석 방법은 데이터 수집 단계인 현장 진단 정보 입력 단계(S100) 및 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)와, 데이터베이스를 체계화하는 데이터베이스 구축 단계(S400), 건전성을 분석하는 단계인 현용 기준 건전성 분석 단계(S300), 트렌드 기반 건전성 분석 단계(S500), 열화 예측 시뮬레이션 분석 단계(S600), 온라인 센서 데이터 분석 단계(S700) 및 진단결과 자동판정 단계(S800)를 포함하고, 추가적으로 실시간으로 수집되는 온라인 센서 데이터를 이용하여 특정한 이벤트가 발생하는 경우 이를 감시하는 온라인 데이터 처리 단계(S210)와 진단 결과를 바탕으로 추가적인 데이터베이스를 구축하기 위한 판정결과 데이터화 단계(S900)을 더 포함한다.

[140]

[141] 계략적인 분석 방법의 프로세스를 설명하면, 현장 진단 정보 입력 단계(S100)에서는 현장에서 전동기의 가동을 중지하고, 실시하는 정기 검사에서 직접 측정한 데이터 값들을 입력 받는다.

[142] 현용 기준 건전성 분석 단계(S300)에서는 입력 받은 데이터들을 기반으로 현용 기준에 의거하여 현장 측정 데이터로 전동기의 건전성 진단을 자동적으로 수행한다.

[143] 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)에서는 장착 센서(211), 기존진단장비(212) 및 시스템 센서(213)에서 수집되는 각종 데이터들을 수집한다. 수집 단계에서 특정한 조건에 해당하는 경우 별도의 이벤트를 감시할 수 있는 온라인 데이터 처리 단계(S210)를 더 포함할 수 있다.

[144] 데이터베이스 구축 단계(S400)에서는 현용 기준 건전성 분석 단계(S300)에서 분석된 결과와 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)에서 수집된 데이터들을 종합적으로 체계화하여 정리한다.

[145] 트렌드 기반 건전성 분석 단계(S500)에서는 데이터베이스 구축 단계(S400)에서 구축된 데이터들을 바탕으로 트렌드 기반 건전성을 분석한다. 이 때에는 트렌드 기반으로 분석한 결과로 전동기의 고장 시기를 예측하여 필요한 조치와 전동기의 수명을 예측한다.

[146] 온라인 센서 데이터 분석 단계(S700)는 불연속적, 정기적으로 수집되는 온라인 데이터들을 활용하여 고장의 예측, 상태 이상을 분석한다.

[147] 이러한 모든 진단결과를 종합하여 자동판정 단계(S800)에서는 전동기의 건전성 및 상태 이상 정보, 고장 예측 시기에 대한 정보 들을 종합하여 판정한다. 이렇게 판정된 데이터들은 추가적인 데이터베이스를 구축하기 위해 판정결과

데이터화 단계(S900)를 거쳐 다시 데이터베이스에 재구축 된다.

[148]

[149] 현용 기준 건전성 분석 단계(S300)와 트렌드 기반 건전성 분석 단계(S500), 열화 예측 시뮬레이션 분석 단계(S600) 및 온라인 센서 데이터 분석 단계(S700)는 아래와 같은 단계적 분석의 차이가 있다.

[150]

[151] [표2]

분석 알고리즘 별 진단 범위와 참고 데이터

요구사항	분석 방법	분석 데이터
현용 기준 건전성 분석 단계(S300)	현장 절연 진단 결과 데이터를 이용하여 단일 전동기의 과거 진단 이력을 참조한 중전기기 건전성 진단 수행	현장에서 중전기기의 기동을 정지하고 실측한 데이터
트렌드 기반 건전성 분석 단계(S500)	절연진단 데이터베이스의 진단 결과에서 동종 중전기기의 절연 진단 결과를 참조하여 트렌드 기반 건전성 진단 수행	해당 중전기기의 데이터 및 동종 중전기기의 절연 진단 데이터베이스
열화 예측 시뮬레이션 분석 단계(S600)	동일제작사 유사시기 제작 중전기기의 절연 진단 결과 및 고장이력을 참조한 트렌드 기반 건전성 진단 수행 및 기계학습기반의 절연 열화 예상	해당 중전기기 및 동일 제작사 유사시기 제작 중전기기의 절연 진단 데이터베이스 및 고장이력 데이터베이스
온라인 센서 데이터 분석 단계(S700)	중전기기를 중단하지 않은 상태에서 불연속/정기적으로 수신되는 센서 데이터들을 이용하여 상태 이상 감시	온라인 센서 데이터베이스

[152]

[153] ***(a) 현용 기준 건전성 분석***

[154]

[155] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 분석 방법 중 현용 기준 건전성 판단을 나타내는 흐름도이다.

[156]

[157] 일반적으로 사용자로부터 신규 진단 요청을 입력 받으면, 기본적으로 현용

기준의 부분방전 데이터 분석 및 평가 알고리즘을 우선 수행한다. 현용 판정은 중전기기를 정지하고 필요한 데이터를 1회 측정 후 중전기기의 건정성을 판단한다.

[158] 본 실시예에서는 현장 진단 정보 입력 단계(S100)에서 데이터를 입력 받은 이후에 현용 기준 건전성 분석(S300)단계에서 자동으로 현용 전력연구원 기준에 의한 진단을 수행한다.

[159]

[160] 현장 진단 정보 입력 단계(S100)에서는 시험 장소와 일자 제작사 등 기초 정보를 입력할 수 있다.

[161] 현용 기준 건전성 분석(S300)단계에서는 직류시험 분석 단계(S310), 교류전류시험 분석 단계(S320), 유전정접시험 분석 단계(S330) 및 부분방전시험 분석 단계(S340)을 포함한다.

[162]

[163] 직류시험 분석 단계(S310)에서는 성극지수와 절연저항시험을 자동으로 계산하고 판정한다. 성극지수 시험은 절연물에 교류전압을 인가하여 인가 시간에 따른 전류 변화를 측정하는 시험이다. 전동기 권선의 절연 저항은 직류 시험전압을 인가하였을 때, 인가전압과 인가 시간에 따라 변동한다. 그 변동 비율 중 시험전압 인가 후 1분 시점의 절연 저항과 전압 인가 후 10분 시점의 절연 저항의 비율을 성극지수라 한다. 따라서, 입력된 1분간 절연저항과 10분시 절연저항을 입력하여 자동으로 성극지수를 계산, 흡습 여부를 판정하게 한다.

[164] 절연저항 시험은 권선의 직류 전압 인가시의 저항을 측정하는 시험이다. 절연저항 시험은 전동기 절연 진단을 수행하기 전에 전동기와 같은 중전기기가 절연진단을 수행하여도 문제가 없는 상태인지 판단하기 위하여 수행 한다. 절연저항의 측정 방법은 권선에 직류전압을 인가하고 인가 1분 후의 절연저항 값을 측정하며, 판정기준은 100 ㏁ 이상이 되어야 한다.

[165]

[166] 교류전류시험 분석 단계(S320)에서는 권선 내부의 결함 정도를 판단 한다. 교류전류의 증가는 절연물 내부의 미소 공극 및 권선과 슬롯사이의 틈에 의하여 발생 한다. 절연물 내부 결함이 증가할수록 교류 전류의 증가 폭은 급격하게 증가하게 된다. 교류전류의 불량 여부는 인가전압 대비 누설전류의 증가비율을 계산하여 산출하며, 불량 판정 기준은 6.6kV 기준으로 8.5% 이하일 때 정상으로 판정한다.

[167]

[168] 유전정접시험 분석 단계(S330)에서는 유전정접을 판단한다. 충전전류 (Ic)와 실측전류 (I) 사이의 비율로 유전손실각 δ를 구하여, tanδ로 나타내고 이 값을 유전정접 이라 한다. 유전정접시험은 절연체 내부 공극, 오염, 흡습 상태를 측정하는 시험이다. 유전체에 교류전계를 인가하였을 때, 내부에 결함 혹은 손상이 없다면 충전 전류만 존재하게 된다. 하지만 실제로는 누설 전류로 인한

손실과 전계로 인하여 발생한 진동으로 인하여 마찰열이 발생하고, 절연물에 공극이나 결함 등이 존재하면 부분방전 등으로 인하여 손실이 발생하게 된다. 이러한 손실로 발생하는 충전전류와 실측전류의 차이로 절연체 내부 열화도를 측정 한다. 불량 판정 기준은 6.6kV 기준으로 6.5% 이하일 때에 정상으로 판단한다.

[169]

[170] 부분방전시험 분석 단계(S340)에서는 부분 방전을 판단한다. 부분 방전 시험은 교류전압을 인가하였을 때, 권선 절연체에서 발생하는 부분방전의 크기를 측정하여 절연체 내부의 열화 상태를 측정하는 시험이다. 부분방전 시험은 시험 시 측정되는 방전 패턴에 따라서 절연체의 결함을 파악할 수 있다. 부분방전 펄스의 크기가 크고 AC 사이클의 정극성 (+)부분에서 발생수가 많으면 동도체에서 부분방전이 발생하기 때문에 절연재료와 도체가 분리되어 있는 것을 나타낸다. 부분방전 펄스의 크기가 크고 AC 사이클의 부극성(-)펄스의 크기가 크면 권선 외부 표면에서 슬롯방전이 발생하거나 단말 권선의 gradingpaint가 손상된 것을 나타낸다. 정극성과 부극성에서 부분방전 크기와 수가 같으면 이 방전은 거의 주절연 내부의 공극(void)또는 박리(delamination)에서 발생한 것을 나타낸다. 부분 방전의 불량 판정 기준은 6.6kV 기준으로 10,000pC 이하여야 한다.

[171]

[172]

[173] [표3]

발전기 및 고압전동기 고정자 권선의 절연상태 평가 기준

절연상태	평가기준
양 호(A)	교류전류, 유전정접 및 부분방전 등이 모두 양호
요주의(B)	교류전류, 유전정접 및 부분방전 중에 두 가지 불량
분해점검(C)	초기에 부분방전이 크게 나타나고 tanδ전압 특성이 그림 6(b)와 같은 경우
절연보강(D)	부분방전 패턴이 그림 6(d)과 같이 슬롯방전으로 분석되고 방전크기가 10000pC 이상
권선교체(E)	교류전류, 유전정접 및 부분방전 등이 모두 불량하고 tanδ전압 특성이 그림 6-c와 같거나, 내전압과 써지(surge)시험 결과 불량으로 판정된 경우

[174]

[175]

[176] ***(b) 온라인 센서 데이터 분석 및 수집***

[177]

[178] 현장절연진단은 가장 신뢰받는 방법이며, 이것은 중전기기 정지가 필요하다. 정기적으로 평균 2년에 1회 시행되고 있다. 하지만 온라인 진단은 전동기 가동 중 측정 가능하며, 정기진단 사이에서 이상 징후 탐지 및 데이터 보완용 보조지표로 활용될 수 있고, 부분방전 패턴인식으로 자동으로 이상 발생 위치 추정이 가능 하다. 정기진단 사이 급작스런 이상 발생 여부 탐지할 수 있어, 불시고장을 방지한다. 기본적인 트렌드 분석에서 향후 진행에 대한 예상 정확도를 증가시키는 목적으로 사용된다.

[179]

[180] 온라인 센서 데이터는 필요 혹은 계획에 의하여, 일정 기간 동안 가동중인 대상의 중전기기를 끄지 않은 상태에서 측정한다. 절연열화는 벼락같은 외란의 급격한 사유 이외에는 점진적으로 진전하므로 24시간 감시가 불필요 하다. 신호라인, 중계기 등에 소요되는 시설비 및 시설에 따른 설비관리비 절감을 위하여 불연속적으로 측정할 수 있다.

[181]

[182] 본 실시예에 따른 온라인 데이터 처리(S210) 단계는 수집데이터 분류 단계(S211), 시간/일간 추이 분석 단계(S212), 기준검사 및 이벤트 검사 단계(S213) 및 이벤트 발생시 경고 단계(S214)를 포함한다.

[183] 수집 데이터 분류 단계(S211)는 온라인으로 수집되는 센서 데이터의 대상 중전기기 별 종류를 분류한다. 본 분석 시스템에서는 전동기의 이력이 각 생산 업체별로 다르게 나타나는 점을 활용하는 것이므로, 데이터의 출처를 정확하게 수집하는 것이 중요하다. 따라서 대상 중전기기 별 전동기 종류를 데이터에 포함한다.

[184] 시간/일간 추이 정리 단계(S212)는 수집되는 데이터는 시간 및 일간별로 추이를 분석할 수 있도록 정리한다. 실질적으로 시간 및 일간 데이터 추이는 온라인 센서 데이터 분석(S700) 단계에서 수행되며, 이러한 이력을 바탕으로 하는 데이터를 수집하기 위하여 시간 및 일간별로 데이터를 정리하여 데이터 관리 모듈(400)으로 전달한다.

[185] 기준검사 및 이벤트 검사 단계(S213)는 1차적으로 센서값을 판단한다. 각 센서에서 측정되는 센서값에서 즉시 이상이 발생되는 경우 이벤트 발생을 기록하고, 이벤트가 발생 시 경고 단계(S214)에서 설정된 경고 방식으로 경고한다.

[186] 예를 들어, 센서값에 측정되는 교류 전류의 값이 최소값 또는 최대값의 범위를 초과하는 경우 즉시 이상으로 판단하고, 이벤트 발생을 기록한다. 정해진 방법에 의해서 경고를 발생시킬 수 있다.

[187]

[188]

[189] ***(c) 측정 데이터 데이터베이스 구축 단계***

[190]

[191] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 중전기기 건전성 분석 플랫폼의 분석 방법에 적용되는 데이터베이스 모듈을 나타내는 개념도이다.

[192]

[193] 데이터베이스 모듈(500)에서는 정해진 형식대로 입력된 데이터를 내부 데이터베이스에 등록한다. 사용자가 직접 입력하는 데이터는 데이터 관리 모듈(400)에서 실행되는 사용자 GUI에서 변환되어 데이터베이스로 전송된다.

[194] 데이터 관리 모듈(400)에서 수집한 센서 및 기존 진단 시스템의 데이터는 종류에 따라 분류하여 데이터베이스에 정해진 형식대로 전송하여 등록되도록 한다.

[195] 데이터베이스 모듈(500)에서 입력 및 관리되는 데이터는 중전기기의 제작사, 일렬번호, 사양, 설치위치 등 기본정보; 중전기기의 고장 및 수리, 점검이력; 오프라인 절연 진단 측정 결과; 및 온라인 센서 측정 데이터, 데이터 패턴, 이벤트 발생 데이터이다.

[196] 추가적으로 알고리즘에 의하여 판정된 전동기에 대한 분석 결과 및 분석 보고서는 미리 결정된 분류 형식대로 다시 데이터베이스 모듈(500)로 입력하여 데이터베이스에 등록되도록 한다.

[197]

[198] 도 9를 참조하면, 데이터베이스 모듈(500) 내의 데이터베이스는 전동기 사양 데이터베이스(510), 절연 진단 데이터베이스(520), 고장이력 데이터베이스(530), 온라인 센서 데이터베이스(540), 건전성 판정 데이터베이스(550)가 있다. 전동기 사양 데이터베이스(510)는 시리얼번호, 출력, 전압, 전류, 회전수 등 전동기 명판에 기록된 사항들과 같은 중전기기의 스펙이 저장된다. 절연 진단 데이터베이스(520)는 주기적으로 실시한 현장 절연진단 결과가 저장된다. 고장이력 데이터베이스(530)는 전동기 운영 중 발생한 절연파괴와 같은 고장에 대한 정보를 기록한다. 온라인 센서 데이터베이스(540)는 온라인으로 수집된 다양한 센서 데이터가 기록된다. 건전성 판정 데이터베이스(550)는 본 실시예의 알고리즘을 통해 전동기의 상태를 분석한 결과를 기록한다.

[199]

[200] 특히, 전동기 사양 데이터베이스(510), 절연 진단 데이터베이스(520), 고장이력 데이터베이스(530)를 트렌트 분석을 실시한다. 또한 절연 진단 데이터베이스(520), 고장이력 데이터베이스(530), 온라인 센서 데이터베이스(540), 건전성 판정 데이터베이스(550)를 이용하여 중전기기의 열화 예상에 사용된다.

[201]

[202] 데이터베이스 모듈(500)은 데이터의 입력/변경/삭제 기능을 제공하며, 이력조회 및 중요 파일 첨부의 기능과 절연진단 데이터 이력조회 기능을 제공한다.

[203] 추가적으로 데이터에 요구되는 사항은 아래와 같다.

[204]

[205] [표4]

데이터베이스 요구 사항

요구사항	접근방안
데이터 처리	측정 대상 중전기기 별 분류 수집 데이터의 DB화를 위한 자동 분류/변환 최대 1Hz 주기로 처리
데이터 처리항목	기동/정지 이력 동작 중 온도 등 상태 변화 특징점 분석, 주기 분석, 동작통계
이벤트 발생 감지	기준치를 넘는 상태 변화 이벤트 발생 감지 이벤트 발생 시 시각/청각 경보 발생
절연진단 데이터 처리	절연진단 결과 입력 시 자동 DB화트렌드 분석 자동 실시
보고서 자동생성	데이터 입력 시 자동생성, 10분이내 제공구성항목 및 형식은 수요처와 협의하여 결정

[206]

[207] ***(d) 트렌드 기반 건전성 분석***

[208]

[209] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 건전성 분석 시스템의 분석 방법 중 트렌드 기반 건전성 분석을 나타내는 흐름도이다.

[210]

[211] 도 10을 참조하면, 현용 기준 분석을 완료하면 다음으로 데이터베이스와 연동하여 트렌드 기반 분석을 수행한다. 중전기기 절연진단 이력과 중전기기고장 이력, 전동기 운용 데이터를 기반으로 연도 별 열화 진행을 예상하고, 진단 보고서를 생성한다. 트렌드 기반 건전성 분석은 아래와 같은 순서로 진행된다.

[212]

[213] d-1. 절연진단 데이터베이스를 이용한 중전기기기본 정보 분류(S510)

[214] d-2. 대상 중전기기측정결과 추출(S520)

[215] d-3. 정비이력 검토(S530)

[216] d-4. 대상 중전기기 데이터 모수추정(S540)

[217] d-5. 절연진단 데이터베이스를 이용한 동형 중전기기 데이터 모수추정(S550)

[218] d-6. 절연진단 데이터베이스를 이용한 기계학습 기반 모수 추정(S560)

[219] d-7. 절연진단 데이터베이스를 이용한 해당 모수 적합성 검정(S570)

[220] d-8. 연도별 예상 트렌드 추정(S580)

[221] d-9. 현용 기준 기반 열화 예상(S590)

[222]

[223] 트렌드 기반 정보 분석은 과거 중전기기 건전성 분석 결과를 바탕으로 진행한다. 따라서 절연진단 데이터베이스(520)를 이용하여 중전기기 기본 정보를 분류하여 시작한다(S510). 절연 진단 데이터베이스(520)에서 해당 중전기기 기본 정보 및 측정 결과를 추출한다(S520). 또한 고장이력 데이터베이스(530)에서 고장 정보 및 정비 이력을 검토한다(S5230).

[224] 본 분석 방법에서는 회귀분석을 활용하며, Regression Model, Least squares approximation를 사용한다. 이것은 측정된 측정값으로부터 해의 방정식을 근사적으로 구하는 방법이다. 1차적으로는 대상 전동기 데이터를 바탕으로 방적식의 모수를 추정한다(S540). 이에 더하여, 2차적으로 절연진단 데이터베이스(520) 내에 저장된 해당 중전기기 와 동형의 중전기기 들의 데이터를 활용하여 모수를 추정하는 작업을 추가한다(S550). 이에 더하여, 3차적으로 절연진단 데이터베이스(520)를 이용한 기계학습 기반 모수를 추정한다(S560). 최종적으로는 기존의 절연진단 데이터베이스(520)를 이용하여 최종적으로 추정된 해당 모수의 적합성을 검정한다(S570).

[225]

[226] 이러한 과정을 통하여 현재의 전동기의 예상 트렌드를 추정할 수 있는 모델을 완성하고, 시간의 흐름에 따른 연도별 예상 트렌드를 추정한다(S580). 최종적으로 현용 기준 기반 열화를 예상할 수 있다(S590).

[227]

[228]

[229] ***<u>트렌드 분석의 데이터 적용 사례</u>***

[230]

[231] 트렌드 기반 중전기기 건전성 진단 알고리즘을 실제 데이터를 적용한 방법을 설명한다. 대상 중전기기 는 당진화력 8호기의 CIDF-A 전동기 (LB139160081)로 효성에서 2005년 제조한 전동기이다. 본 데이터 적용 사례는 부분방전 수치를 기준으로 실시하였다. 해당 전동기의 부분방전 수치는 다음과 같다.

[232]

[233] [표51]

발전기 및 고압전동기 고정자 권선의 절연상태 평가 기준

종류	**2009 측정**	**2011 측정**	**2014 측정**
부분방전(pC)	1400	11000	42000

[234] 단일 전동기의 부분방전 데이터에 대하여 다항식 Dx3+Cx2+Bx+A에 대하여, Random Sample을 진행하지 않고 모수 추정 및 최종 측정 이후 5년경과 시 데이터를 추정하였다. 기본적으로 1차, 2차, 3차함수에 대하여 추정하였다.

[235]

[236] [표52]

발전기 및 고압전동기 고정자 권선의 절연상태 평가 기준

가동연수	실 데이터	Bx+A	Cx2+Bx+A	Dx3+Cx2+Bx+A
+4	1400	-285.7	1400.0	-12484.5
+6	11000	13528.5	11000.0	-22273.7
+10	42000	41157.1	42000.0	-54038.8
+15	-	75692.8	104625.0	-84388.0

[237] 부분방전의 경우 일반적으로 데이터가 2차함수의 형태로 표현될 수 있으며, 첫 측정 결과와 마지막 측정 결과를 포함한 랜덤 선택한 데이터로 추정한 모수로도 향후 2년 안에 진행되는 열화를 추정하는 데 사용하여도 심각한 오차는 발생하지 않는다.

[238]

[239] 아래의 표들은 이러한 데이터의 추출을 각 가동연수별로 분리하여 적용한 사례들이다.

[240]

[241] [표5]

발전기 및 고압전동기 고정자 권선의 절연상태 평가 기준

가동연수	실 데이터	Bx+A	Cx2+Bx+A	Dx3+Cx2+Bx+A
+4	1400	1400.0	1400.0	6288.2
+6	11000	11000.0	11000.0	22714.4
+15	-	54200.0	166885.3	368168.9

[242] [표6]

발전기 및 고압전동기 고정자 권선의 절연상태 평가 기준

가동연수	실 데이터	Bx+A	Cx2+Bx+A	Dx3+Cx2+Bx+A
+4	1400	1400	1400	3284.5
+10	42000	42000	42000	55035.7
+15	-	75833.3	144381.6	187146.1

[243]

[표7]

발전기 및 고압전동기 고정자 권선의 절연상태 평가 기준

가동연수	실 데이터	Bx+A	Cx2+Bx+A	Dx3+Cx2+Bx+A
+6	11000	11000.0	10999.9	6518.7
+10	42000	42000.0	41999.9	29065.6
+15	-	80750.0	133129.7	96634.7

[244] [표8]

발전기 및 고압전동기 고정자 권선의 절연상태 평가 기준

가동연수	실 데이터	Bx+A	Cx2+Bx+A	Dx3+Cx2+Bx+A
+4	1400	1400	1400	4786.35
+6	11000	11000	11000	14616.55
+10	42000	42000	42000	42050.65
+15	-	70261.1	148132.2	217316.5

[245] 이후에는 동종 중전기기 의 군체 기반으로, 데이터를 랜덤 선택 및 모델링을 한 후, 적합성을 추정하고 다시 랜덤 선택을 반복하여 가장 적합한 모델을 선정하도록 진행하는 것으로 추정에 대한 정확도를 올릴 수 있다. 이에 있어서는 동형 중전기기 의 데이터를 적용하고, 이에 대한 추가적인 모수를 수정한다.도 9a 및 9b는 도 8의 실시예에 다른 트렌드 기반 건전성 분석에 따른 모델을 나타내는 그래프이다.

[246] 도 9a 및 9b에 도시된 바와 같이, 트렌드 기반 건전성 분석에 따른 모델을 확정하면, 예측하고자 하는 년도에 따른 절연상태 추이를 확보할 수 있다.

[247] 최종적으로 완성된 모수를 바탕으로 해당 중전기기 의 트렌드 분석 모델을 완료하고, 이 모델에 적합한 년도를 입력하여 예상하는 년도의 부분방전 값을 도출할 수 있다.

[248]

[249]

[250]

[251] ***(e) 절연열화 예측 시뮬레이션 분석***

[252]

[253] 도 12는 본 발명의 다른 실시예에 따른 건전성 분석 시스템의 분석 방법 중 열화 예측 시뮬레이션 분석을 나타내는 흐름도이다.

[254]

[255] 도 12를 참조하면, 트렌드 기반 분석이 수행되면 열화 예측 시뮬레이션 및 수명 예측을 수행한다. 열화 예측 시뮬레이션은 전동기 측정 데이터로부터 시뮬레이션 모델을 생성하고, 연도별 예상 트렌드 및 가중치를 기반으로 예비 시뮬레이션을 수행하여 모델의 적합성을 검사한다. 그 프로세스는 아래와 같다.

[256]

[257] e-1. 중전기기 원시 데이터 분석(S610)

[258] e-2. (온라인 데이터가 가산된) 기동/정지, 이벤트 발생 가중치 분석(S620)

[259] e-3. 시뮬레이션 모델 생성(S630)

[260] e-4. 파라미터 최적값 조정 (소규모 예비 시뮬레이션 수행, 모델 적합성 검사) (S640)

[261] e-5. 시뮬레이션 모델 확정(S650)

[262] e-6. 열화 관계성 추적(S660)

[263] e-7. 조건부 고장 확률 추정(S670)

[264] e-8. 기계학습 기반의 열화 추정 모델링 구축(S680)

[265] e-9. 열화 예측 시뮬레이션 구축(S690)

[266]

[267] 트렌드 기반 건전성 분석(S500)이 완료 되면, 이로부터 중전기기 원시 데이터가 분석 된다(S610). 이것과 온라인 센서 데이터를 더한 원동기의 기동/정지 정보, 이벤트 발생 정보를 활용하여 가중치를 분석한다(S620). 온라인 센서 데이터는 특히, 중전기기 가 불시에 기동을 정지하거나, 고장이 발생하는 이벤트 정보를 이 모델에 포함할 수 있다.

[268] 이러한 두 그룹의 데이터들을 기반으로 시뮬레이션 모델을 생성할 수 있다(S630).

[269] 앞서 트렌드 기반 건전성 분석(S500)이 단일 종류의 중전기기 만을 기준으로 분석한다면, 절연 열화 예측 시뮬레이션 분석(S600)에 적용되는 데이터의 범위는 같은 제조사의 중전기기 범위까지 확장하여 시뮬레이션 모델을 생성한다(S630).

[270] 생성된 시뮬레이션 모델을 바탕으로(S630), 모델의 파라미터 최적값을 조정한다(S640). 이것은 소규모 예비 시뮬레이션을 수행하여 이의 적용가능성 여부를 판단하여 파라미터 최적값을 조정할 수 있다. 특히 시뮬레이션에 적용되는 데이터가 더 많이 준비될수록 모델의 정교함을 더 증가시킬 수 있다. 이렇게 파라미터 값이 최적화 되어 모델이 완성되면 시뮬레이션 모델을 확정한다(S650).

[271]

[272] 한편으로, 앞서 온라인 센서 데이터를 포함한 원동기의 기동/정지 정보, 이벤트 발생 정보를 활용하여, 해당 원동기의 열화 관계성을 추적한다(S660). 기존의 중전기기 의 기동/정지 및 이벤트 발생 조건에 따라 열화 관계성이 있는 경우, 이를 기계학습에 적용하여 모델링을 생성한다(S680). 한편으로는, 확정된

시뮬레이션 모델을 사용하여, 조건부 고장 확률을 추정하고(S670), 이러한 추정값을 역시 기계학습에 적용하여 모델링을 생성한다(S680). 이렇게 기계학습된 열화 추정 모델링(S680)을 활용하면, 특정한 조건에 부합하는 데이터들을 입력하는 경우 현 상태가 정상인지, 비정상인지를 판단하는 결과값을 얻을 수 있고, 이를 활용하여 정상과 비정상 상태를 판정할 수 있다.

[273]

[274] 앞서 언급된 두 가지 시뮬레이션 모델(S650)과 기계학습 기반의 열화 추정 모델링(S680)을 이용하여, 열화 예측 시뮬레이션을 구축할 수 있다(S690). 이 모델을 기반으로 언제 해당되는 측정값들이 변화하는 지를 알 수 있고(예를 들어 부분방전 수치와 같은 개별 값을 시뮬레이션 모델로 예측이 가능하다), 이렇게 예측된 값을 기계학습 기반의 열화 추정 모델링(S680)을 적용하여 정상과 비정상을 판정한다. 이러한 기계학습 모델링에 대해서는 추후 별도로 설명한다.

[275]

[276] 이후 결정된 모델을 이용하여 열화 예측 시뮬레이션을 수행한다. 열화 예측 시뮬레이션을 통해 고장 시기를 최종적으로 추정하고 고장시기의 추정 및 예방정비 권고 결과를 기반으로 종합진단 보고서를 생성한다(S800).

[277]

[278]

[279]

[280] ***기계학습을 통한 절연상태 진단 알고리즘***

[281]

[282] 기계학습 모델링을 통한 중전기기 절연상태 진단은 검사종합의견을 양호로 받은 데이터와 불량(요주의, 분해점검, 절연보강, 권선교체)으로 판정 받은 데이터를 구분하는 것이다. 이를 위해 다변량 데이터마이닝 기법을 이용하여 분류 모델을 구축하고 사전에 전처리된 데이터를 입력으로 모델의 최적 파라메타를 선정한다. 결과적으로 특정 상태에 있는 신규한 입력 값에 대하여 양호와 불량을 판단 할 수 있는 기계학습을 통한 전동기 절연상태 진단 알고리즘이 생성된다.

[283]

[284] 기계학습을 통한 절연상태 진단 알고리즘은 마할라노비스 거리와 다구찌 품질공학 이론에 기반한 MTS를 이용한다. MTS 는 정상 그룹 중심점을 기준으로 각 개별 데이터를 단위 공간(Mahalanobis Space; MS) 안에 표현한 후, 이들이 중심점으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지를 단위 거리(Mahalanobis Distance; MD)로 계산하여 정상 그룹 또는 비정상 그룹으로 분류하게 된다.

[285]

[286] 최종적으로 전동기 절연상태 판정 알고리즘은 9개의 독립변수를 입력으로 받으며, 1개의 종속변수를 출력을 내보낸다. 9개의 독립변수는 절연저항1분, 성극지수판정, 성극지수, 유전정접판정, 유전정접, 교류전류판정, 교류전류,

부분고전판정, 부분방전고전압이며, 출력인 1개의 종속변수 종합판정으로 양호와 불량의 2진 값을 갖는다.

[287]

[288] MTS(Mahalanobis Taguchi System) Library에서 전동기 절연상태 판정 알고리즘 함수는 다음과 같다.

[289]

[290] 수식 1

[291] *int MTS(double Resist1, double Polar, double Dissip, double Current, double PDHigh,string PolarRes, string DissipRes, string CurrentRes, string PDHighRes)*

[292]

[293] 다음 표는 중전기기 절연상태를 판정하기 위한 데이터를 관리하는 DB 의 Schema를 보여준다.

[294]

[295]

[표9]

중전기기 진단 DB Schema

	컬럼 이름	TYPE	설명	입/출력
1	DataID	INT	데이터등록ID	
2	AssetID	INT	자산등록ID	
3	RelID	INT	진단결과ID	
4	ResAvail	ENUM('유효','만료','사용금지')	가용여부	
5	TestIter	INT	진단회차	
6	TestDate	DATE	시험일	
7	TestLoc	VARCHAR(45)	시험장소	
8	Testman	VARCHAR(45)	시험자	
9	TestWeather	VARCHAR(45)	시험온습도	
10	TestRes	ENUM('양호','요주의','절연보강','재권선','세척건조','판정없음')	종합판정	출력
11	TestExtra	VARCHAR(45)	진단특이사항	
12	ResistRes	ENUM("양호","불량","세척건조")	절연저항판정	
13	Resist1	DOUBLE	절연저항1분	입력_1
1	Resist10	DOUBLE	절연저항10분	

4				
15	PolarRes	ENUM("양호","불량","세척건조")	성극지수판정	입력_6
16	Polar	DOUBLE	성극지수	입력_2
17	DissipRes	ENUM("양호","불량","세척건조")	유전정접판정	입력_7
18	Dissip	DOUBLE	유전정접	입력_3
19	CurrentRes	ENUM("양호","불량")	교류전류판정	입력_8
20	Current	DOUBLE	교류전류	입력_4
21	PDStVolt	DOUBLE	부분방전개시전압	
22	PDNoise	DOUBLE	부분방전노이즈	
23	PDPatt	ENUM("내부","슬롯","코로나",기타")	부분방전패턴	
24	PDNorRes	ENUM("양호","불량")	부분상전판정	
25	PDNor	DOUBLE	부분방전상전압	

26	PDHPatt	ENUM("내부","슬롯","코로나",기타")	부분고압패턴	
27	PDHighRes	ENUM("양호","불량")	부분고전판정	입력_9
28	PDHigh	DOUBLE	부분방전고전압	입력_5
29	Nq	DOUBLE	Nq	

[296] 중전기기 절연상태 판정 알고리즘은 상기의 DB Schema를 기준으로 입력_1 ~ 입력_9까지의 9개의 데이터를 입력으로 MTS(Mahalanobis Taguchi System) 함수가 호출되며, 내부적으로 양호/불량을 판단하여 0(양호)과 1(불량)의 값을 반환한다.

[297] 도 13a 내지 13c는 본 발명의 다른 실시예에 따른 건전성 분석 시스템의 분석 방법 중 온라인 센서 데이터 분석을 나타내는 흐름도이다.

[298]

[299] 도 13a는 사전에 전처리된 데이터 셋을 이용하여 검사종합의견이 양호인 모든 데이터에 대하여 단위거리(Mahalanobis Distance; MD) 계산을 수행한 결과이다.

[300] 도 13a를 참조하면, 정상 데이터의 단위거리(MD) 결과는 mean 값이, 0.9994 , std 값이 2.8787의 결과가 측정된다. mean 값이 1.0 에 근사하므로 정상적인 것으로 판단할 수 있다.

[301]

[302]

[303] 도 13b는 사전에 검사종합의견이 양호가 아닌 모든 데이터를 이용하여 단위거리(Mahalanobis Distance; MD) 계산을 수행한 결과이다.

[304] 도 13b를 참조하면, 검사종합의견이 양호가 아닌 모든 데이터를 이용하여 단위거리(Mahalanobis Distance; MD)를 계산하였으며 그 결과 mean : 11.4701, std : 7.2826 으로 수치상으로 정상 단위거리(Mahalanobis Distance; MD)와 구분이 가능함을 알 수 있다. 도 13b는 검사종합의견이 양호가 아닌 데이터로 구한 단위거리(Mahalanobis Distance; MD)를 기존에 양호인 데이터로 구한 단위거리(Mahalanobis Distance; MD)와 비교한 것으로 분류가 가능한 정도로 차이가 발생하여, 비정상 여부를 판단할 수 있다.

[305]

[306] 도 13c는 앞서 구한 정상과 비정상 단위거리(Mahalanobis Distance; MD) 를 이용하여 분류가 가능한 정확도 분석을 수행한 결과이다.

[307] 도 13c를 참조하면, 정상과 비정상의 구분은 정확도가 가장 높은 Threshold를 찾는 과정으로 Threshold가 3.0980인 지점에서 91.5%의 정확도로 양호와 불량을 판단할 수 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 기계학습을 통한 절연상태 진단 알고리즘은 91.5%의 정확도로 양호와 불량을 판단할 수 있는 MTS 기반 중전기기 절연상태 판정 알고리즘임을 알 수 있다.

[308]

[309]

[310] ***(d) 온라인 센서 데이터 분석***

[311]

[312] 앞서 언급한 바와 같이 온라인 센서 데이터를 이용한 1차적인 판단은 온라인 데이터 처리(S210) 내의 기준 검사 및 이벤트 검사 단계(S213)에서 실시할 수 있다. 설정된 기준 값을 초과하는 등의 이벤트가 발생하는 경우 즉각적으로 대응할 수 있다. 본 분석 단계에서는 데이터베이스를 활용한 심도 있는 분석을 실행한다.

[313]

[314] 도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 건전성 분석 시스템의 분석 방법 중 온라인 센서 데이터 분석을 나타내는 흐름도이다.

[315]

[316] 본 실시예에 따른 온라인 센서 데이터 분석 단계(S700)는 방전 패턴에 대한 평가를 실시한다. 실시간 또는 정기적인 간격으로 측정된 방전 패턴 값을 이용하여 패턴 발생 원인을 파악할 수 있다.

[317] 도 12를 참조하면, 도시된 각 패턴에 따라, 패턴에 따른 위험도 및 추정되는 패턴 발생 원인이 도시된다.

[318] 패턴의 형태는 (a)부터 (l)까지 게시되었으며, 각각은 높은 위험도와 낮은 위험도 그리고 중간위험도의 위험단계를 가지고 있다. 각 패턴의 형태를 파악하여 발생 원인을 추적할 수 있다.

[319] (a)패턴은 권선도체에서 절연 테이프 박리된 원인으로 발생되는 방전 패턴이며, 이것은 높은 위험도를 가진다.

[320] (b)패턴은 단일 층의 절연 테이프가 박리된 원인으로 발생되는 방전 패턴이며, 이것은 역시 높은 위험도를 가진다.

[321] (c)패턴은 절연 테이프 다수 층이 박리된 원인으로 발생되는 방전 패턴이며, 역시 높은 위험도를 가진다.

[322] (d)패턴은 슬롯 코로나 보호 테이프 또는 페인트가 마모되는 원인으로 발생되는 방전 패턴이며, 역시 높은 위험도를 가진다.

[323] (e)패턴과 (f) 패턴은 마이크로 보이드나 캐비티에 의해 발생되는 방전 패턴이며, 낮은 위험도를 가진다.

[324] (g)패턴, (h)패턴, (i) 패턴, (j) 패턴은 권선단말 표면에 방전이나 트래킹의 원인으로 발생되는 방전 패턴이며, 중간 정도의 위험도를 가진다.

[325] (k)패턴은 가스나 스파크로 인한 권선단말 방전에 의해 발생되는 방전 패턴이며, 중간 정도의 위험도를 가진다.

[326] (l)패턴은 OCP와 EPG 사이의 연결 불량에 의해 발생되는 방전 패턴이며, 중간 정도의 위험도를 가진다.

[327] 따라서, 이러한 센서 데이터를 통해 분석할 수 있는 부분 방전의 패턴으로 현재 중전기기 상태 이상이나 위험도를 분석할 수 있다.

[328]

[329] 이외에도, 측정되는 다양한 데이터를 분석하여, 분석의 대상을 늘릴 수 있다. 특히, 구축된 데이터베이스를 통하여, 과거 운용 상태 대비 현재 운용 상태 값과 비교하고 일정 비율이상 초과할 경우에는 비정상으로 판단할 수 있는 알고리즘을 추가적으로 마련할 수 있다.

[330]

[331] 이러한 온라인 데이터 분석의 효과는 정기적인 현장 조사 사이의 기간에 발생될 수 있는 고장이나 이벤트 발생에 대응할 수 있다는 점이다. 정기 점검은 앞서 설명한 바와 같이 전체 전동기의 기동을 중지하고 실시하여야 하기 때문에, 수년 단위로 실시할 수 밖에 없다. 이 사이의 기간 동안 중전기기 의 일부에 이상이 발생하는 경우 이를 점검할 수 있는 방법이 없었으나, 이러한 온라인 데이터 분석을 통하는 경우, 정기점검만으로 발생될 수 있는 블라인드 스폿을 제거할 수 있다.

[332]

[333]

[334]

[335] ***(e) 진단 결과 자동 판정***

[336]

[337] 이러한 다양한 분석 결과를 바탕으로 진단 결과를 자동으로 판정하고, 프로세스 내에서 결과 보고서를 도출할 수 있다.

[338] 최종적인 결과에 의한 보고서 이외에도 상태 이상의 경우 알림을 발생시키는 방법이 필요하다. 전동기 상태 이상 시는 신호음 및 화면상 대상전동기의 색깔 변화를 통해 알림으로 제공할 수 있다.

[339]

[340]

[341] ***(f) 판정결과 데이터화***

[342]

[343] 도 15는 본 발명의 다른 실시예에 따른 건전성 분석 시스템의 분석 방법 중 판정결과 데이터화를 나타내는 흐름도이다.

[344]

[345] 각 단계의 생성되는 모델의 정교성을 향상시키기 위하여, 판정 결과를 다시 데이터화 하여, 데이터베이스 모듈(500)에 제공하고 다시 추가적인 데이터베이스를 구축한다(S400).

[346]

[347] 본 발명에서는 모델-데이터기반방법(Model & Data-driven approach)을 적용한다. 모델기반방법은 적은 데이터로 높은 예측 정확도를 확보할 수 있는 반면 확립된 모델이 많지 않기 때문에 적용 분야가 매우 제한적인 단점을 갖고 있다. 하지만, 정확한 모델을 확보할 수 있다면 이를 통해 미래의 고장예지가 가능하다.

[348] 이러한 모델기반방법의 장점을 극대화하기 위해 데이터기반방법과 모델기반방법을 접목하여 적용한다. 모델-데이터기반방법은 내/외부에서 발생하는 불확실성을 데이터 기반으로 모델링 하여 모델의 정확도를 높이는 방법으로, 베이지안 접근법(Bayesian Approach)을 이용하여 불확실성을 확률적으로 표현하고, 베이즈 정리(Bayes theorem)에 기반하여 분석, 추정 및 업데이트 한다.

[349]

[350] 도 15를 참조하면, 판정 결과를 다시 데이터화 하여, 이를 기반으로 기존의 데이터 모델을 더 정교화 한다. 또한, 알고리즘에서 추정한 수명 주기 이전에 사고가 발생할 경우, 사고 종류와 원인에 따라서 알고리즘의 수명 예측 기준을 자동으로 재반영하여 동종 전동기 수명예측에 적용되도록 할 수 있다.

[351]

[352] 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명에 따른 구성요소를 치환, 변형 및 변경할 수 있다는 것이 명백할 것이다.

산업상 이용가능성

[353] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 중전기기 시험과 관련된 다양한 타입의 데이터를 관리하고 이를 이용하여 고장 시기를 예측할 수 있는 중전기기 건전성 분석 플랫폼 및 이를 이용하는 분석 방법을 제공하고자 한다.

청구범위

[청구항 1] 센서 모듈(210);
상기 센서 모듈(210)로부터 데이터를 수집하는 데이터 수집 모듈(220);
상기 데이터 수집 모듈(220)으로부터 데이터를 전달 받아 이를 관리하는 데이터 관리 모듈(400);
상기 데이터 관리 모듈(400)로부터 전달 받은 데이터를 기록하는 데이터베이스 모듈(500);
상기 데이터베이스 모듈(500)에 기록된 데이터를 적용하여 전동기의 진단을 실시하는 진단 분석 모듈(600);을 포함하는 중전기기 건전성 분석 플랫폼(1000)에 있어서,
상기 진단 분석 모듈(600)은,
입력 받은 데이터들을 기준으로 건전성을 진단하는 현용 기준 절연 진단 시스템(610);
상기 데이터베이스 모듈(500)의 데이터베이스와 연동하여 연도별 예상 트렌드를 추정하여 분석하는 트렌드 기반 건전성 분석 시스템(620);
시뮬레이션 모델을 생성하여 열화를 분석하는 열화 예측 시뮬레이션 분석 시스템(630);
제공되는 온라인 데이터를 사용하여 분석하는 온라인 센서데이터 분석 시스템(640);을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 플랫폼.

[청구항 2] 제1항에 있어서,
외부 사용자 간의 결재를 진행할 수 있는 결재 모듈(110);
외부 사용자에게 보고서 및 데이터를 수집/제공하는 보고서 및 데이터 관리 모듈(120); 및
이벤트 발생시 외부로 이를 경고하는 경고 모듈(130)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 플랫폼.

[청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 센서 모듈(210)은,
상기 중전기기에 장착되어 있는 장착 센서(211), 진단 장비(212) 및 시스템 센서(213)을 포함하고,
상기 데이터 수집 모듈(220)은,
상기 장착 센서(211)의 데이터를 수집하는 PI 시스템(221), 상기 진단 장비(212)와 연동되는 일반 진단 시스템(222) 및 상기 시스템 센서(213)와 연동되는 트랜스 듀서(213)를 포함하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 플랫폼.

[청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 데이터베이스 모듈(500)은 전동기 사양 데이터베이스(510), 절연

진단 데이터베이스(520), 고장이력 데이터베이스(530), 온라인 센서 데이터베이스(540), 건전성 판정 데이터베이스(550)를 포함하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 플랫폼.

[청구항 5] 제4항에 있어서,
트렌드 기반 건전성 분석 시스템(620)은,
대상 전동기 데이터 모수와 상기 절연진단 데이터베이스(520)를 이용한 동형 중전기기 데이터 모수를 추정하여 연도별 예상 트렌드 추정하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 플랫폼.

[청구항 6] 제1항에 있어서,
열화 예측 시뮬레이션 분석 시스템(630)은 시뮬레이션 모델과 기계학습 기반 열화 추정 모델링을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 플랫폼.

[청구항 7] 제6항에 있어서,
구축하는 기계학습 기반 열화 추정 모델링은,
정상 그룹 중심점을 기준으로 각 개별 데이터를 단위 공간(Mahalanobis Space; MS) 안에 표현한 후, 이들이 중심점으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지를 단위 거리(Mahalanobis Distance; MD)를 측정하는 방법으로 정상 및 비정상을 판단하는 모델링인 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 플랫폼.

[청구항 8] 제7항에 있어서,
상기 각 개별 데이터의 독립 변수는 절연저항1분 측정값, 성극지수판정 값, 성극지수 값, 유전정접판정 값, 유전정접 값, 교류전류판정 값, 교류전류 값, 부분고전판정 값, 부분방전고전압 값인 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 플랫폼.

[청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 중전기기는 발전기, 변압기, 전동기를 포함하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 플랫폼.

[청구항 10] 중전기기의 기동을 멈춘 상태에서 현장에서 수집된 데이터를 입력 받는 현장 진단 정보 입력 단계(S100);
센서 모듈(210) 및 데이터 수집 모듈(220)을 통하여 설치된 센서들의 데이터를 정기적/불연속적으로 수집하는 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200);
상기 현장 진단 정보 입력 단계(S100) 및 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)를 데이터베이스 구축 단계(S400);
직류시험 분석 단계(S310), 교류전류시험 분석 단계(S320), 유전정접시험 분석 단계(S330) 및 부분방전시험 분석 단계(S340)를 포함하고, 상기 현장 진단 정보 입력 단계(S100)에서 입력된 데이터를 바탕으로 현용 기준 중전기기 의 건전성을 진단하는 현용 기준 건전성 분석 단계(S300);

상기 데이터베이스 구축 단계(S400)에서 구축된 데이터베이스와 연계하여 연도별 예상 트렌드를 추정하여 건전성을 분석하는 트렌드 기반 건전성 분석 단계(S500);
시뮬레이션 모델을 생성하여 중전기기 의 건전성을 분석하는 열화 예측 시뮬레이션 분석 단계(S600);
상기 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)에서 수집된 온라인 센서 데이터를 이용하여 중전기기 의 건전성을 분석하는 온라인 센서 데이터 분석 단계(S700); 및
진단결과 자동판정 단계(S800)를 포함하는 중전기기 건전성 분석 방법.

[청구항 11] 제1항에 있어서,
상기 현용 기준 건전성 분석 단계(S300)는 상기 현장 진단 정보 입력 단계(S100)에서 입력된 데이터를 이용하여 분석하고,
상기 트렌드 기반 건전성 분석 단계(S500)는 상기 현장 진단 정보 입력 단계(S100)에서 입력된 데이터 및 상기 현장 진단된 중전기기와 동종인 중전기기의 데이터를 이용하여 분석하고,
상기 열화 예측 시뮬레이션 분석 단계(S600)는 상기 현장 진단 정보 입력 단계(S100)에서 입력된 데이터, 상기 현장 진단된 중전기기와 동종인 중전기기의 데이터 및 상기 현장 진단된 중전기기와 동일 제작사 및 유사시기인 중전기기의 데이터를 이용하여 분석하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 방법.

[청구항 12] 제10항에 있어서,
상기 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)는
온라인으로 수집되는 센서 데이터의 대상 중전기기 별 데이터로 분류하는 수집데이터 분류 단계(S211);
시간 및 일간별로 추이를 분석할 수 있도록 정리하는 시간/일간 추이 정리 단계(S212);
1차적으로 센서값을 판단하여 이벤트를 감지하는 기준검사 및 이벤트 검사 단계(S213); 및
이벤트가 발생할 경우 경고를 발생시키는 이벤트 발생시 경고 단계(S214)를 포함하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 방법.

[청구항 13] 제10항에 있어서,
데이터베이스 구축 단계(S400)에서 구축된 데이터베이스는 중전기기 사양 데이터베이스(510), 절연 진단 데이터베이스(520), 고장이력 데이터베이스(530), 온라인 센서 데이터베이스(540), 건전성 판정 데이터베이스(550)를 포함하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 방법.

[청구항 14] 제10항에 있어서,
트렌드 기반 건전성 분석 단계(S500)는,

절연진단 데이터베이스를 이용한 중전기기 기본 정보 분류 단계(S510);
대상 중전기기 측정결과 추출 단계 (S520);
정비이력 검토 단계 (S530);
대상 전동기 데이터 모수 추정 단계 (S540);
절연진단 데이터베이스를 이용한 동형 중전기기 데이터 모수 추정 단계 (S550);
절연진단 데이터베이스를 이용한 기계학습 기반 모수 추정 단계 (S560);
절연진단 데이터베이스를 이용한 해당 모수 적합성 검정 단계 (S570);
연도별 예상 트렌드 추정 단계 (S580);
현용 기준 기반 열화 예상 단계 (S590);
를 포함하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 방법.

[청구항 15] 제10항에 있어서,
열화 예측 시뮬레이션 분석 단계(S600)는,
중전기기 원시 데이터 분석 단계(S610);
온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)에서 수집된 온라인 데이터가 가산된 기동/정지, 이벤트 발생 가중치 분석 단계(S620);
시뮬레이션 모델 생성 단계(S630);
시뮬레이션 모델 생성 단계(S630)에서 생성된 시뮬레이션 모델의 파라미터 최적값 조정 단계 (S640);
상기 파라미터 최적값 조정 단계에서 조정된 값으로 모델을 확정하는 시뮬레이션 모델 확정 단계(S650);
상기 기동/정지, 이벤트 발생 가중치 분석 단계(S620)에서 분석된 결과값을 바탕으로 이벤트의 관계성을 추적하는 열화 관계성 추적 단계(S660);
상기 시뮬레이션 모델 확정 단계(S650)에서 확정된 시뮬레이션 모델을 이용하여 고장 확률을 추정하는 조건부 고장 확률 추정 단계(S670);
기계학습 기반으로 열화 모델링을 구축하는 기계학습 기반 열화 추정 모델링 구축 단계(S680); 및
상기 시뮬레이션 모델 확정 단계(S650)에서 확정된 시뮬레이션 모델과, 상기 기계학습 기반 열화 추정 모델링 구축 단계(S680)에서 확정된 기계학습 기반 열화 추정 모델링으로 최종 시뮬레이션을 완성하는 열화 예측 시뮬레이션 구축 단계(S690);
를 포함하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 방법.

[청구항 16] 제10항에 있어서,
구축하는 기계학습 기반 열화 추정 모델링 구축 단계(S680)는,
정상 그룹 중심점을 기준으로 각 개별 데이터를 단위 공간(Mahalanobis Space; MS) 안에 표현한 후, 이들이 중심점으로부터 얼마나 멀리 떨어져 있는지를 단위 거리(Mahalanobis Distance; MD)를 측정하는 방법으로

정상 및 비정상을 판단하는 모델링을 형성하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 방법.

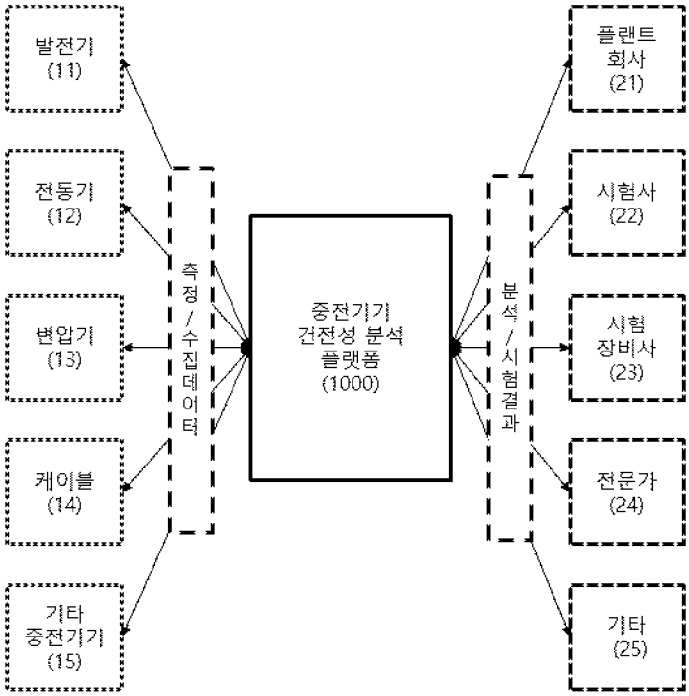
[청구항 17] 제16항에 있어서,
상기 각 개별 데이터의 독립 변수는 절연저항1분 측정값, 성극지수판정 값, 성극지수 값, 유전정접판정 값, 유전정접 값, 교류전류판정 값, 교류전류 값, 부분고전판정 값, 부분방전고전압 값인 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 방법.

[청구항 18] 제10항에 있어서,
온라인 센서 데이터 분석 단계(S700)는
상기 온라인 센서 데이터 수집 단계(S200)에서 수집된 온라인 센서 데이터에서 방전 패턴 값을 추출하고, 상기 방전 패턴에 따라 위험도 및 발생 원인을 추정하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 방법.

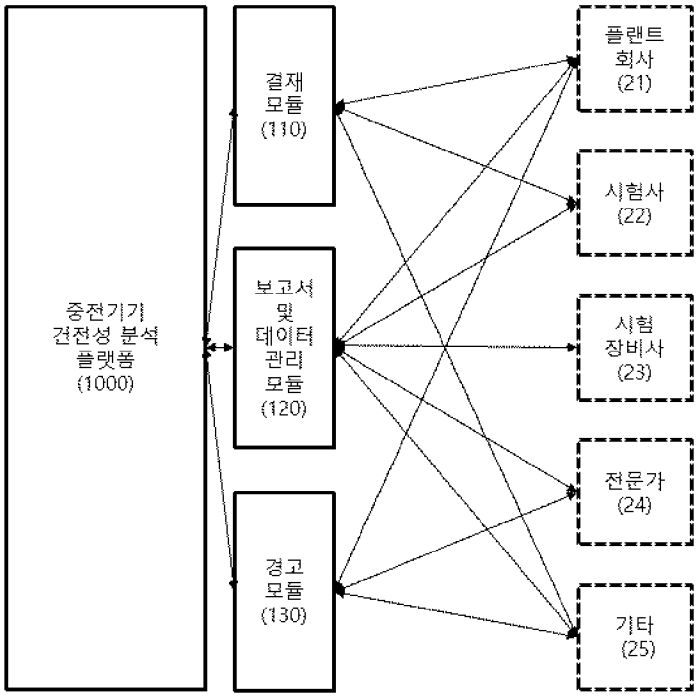
[청구항 19] 제10항에 있어서,
진단결과 자동판정 단계(S800)에서 판결된 결과를 다시 데이터베이스 구축(S400)에 적용하기 위한 판정결과 데이터화(S900)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 방법.

[청구항 20] 제19항에 있어서,
열화 예측 시뮬레이션 분석 단계(S600)에서 생성되는 시뮬레이션 모델은 상기 판정결과 데이터화(S900)단계에 생성된 데이터를 이용하여, 모델-데이터기반방법(Model & Data-driven approach)에 의해 더 정교한 모델로 업데이트 되는 것을 특징으로 하는 중전기기 건전성 분석 방법.

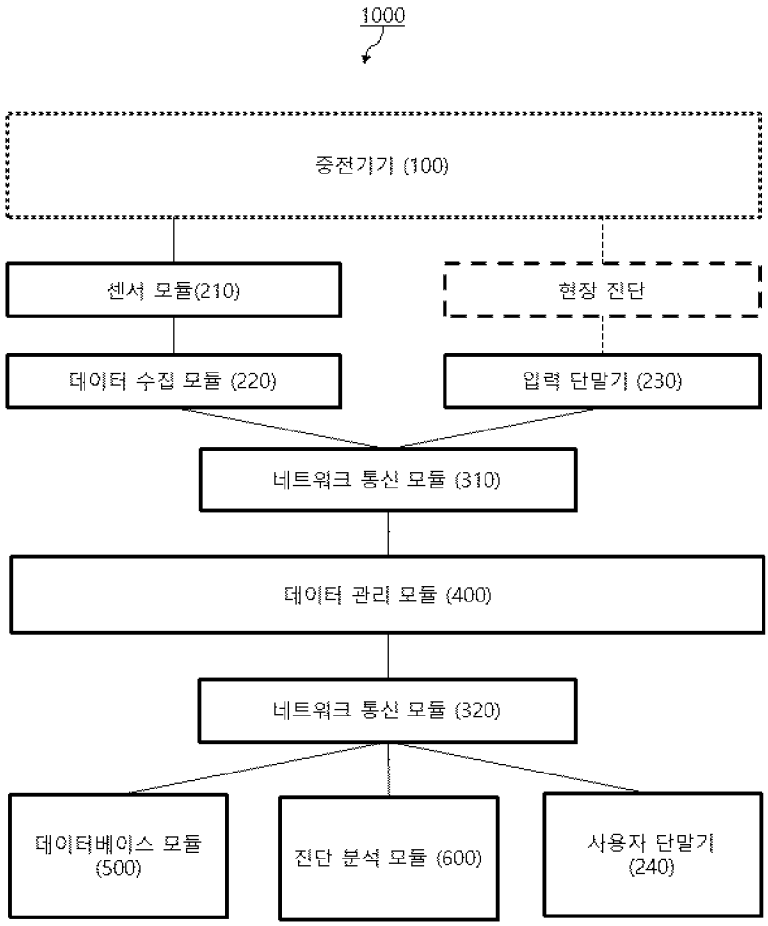
[도1]


발전기
(11)
전동기
(12)
변압기
(13)
케이블
(14)
기타
중전기기
(15)
측정/수집데이터
중전기기
건전성 분석
플랫폼
(1000)
분석/시험결과
플랜트
회사
(21)
시험사
(22)
시험
장비사
(23)
전문가
(24)
기타
(25)

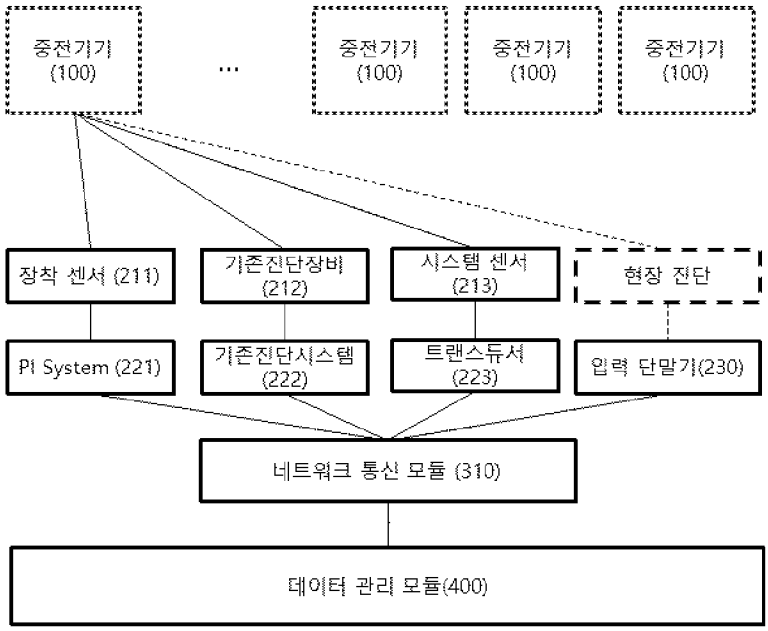
[도2]


중전기기
건전성 분석
플랫폼
(1000)
결재
모듈
(110)
보고서
및
데이터
관리
모듈
(120)
경고
모듈
(130)
플랜트
회사
(21)
시험사
(22)
시험
장비사
(23)
전문가
(24)
기타
(25)

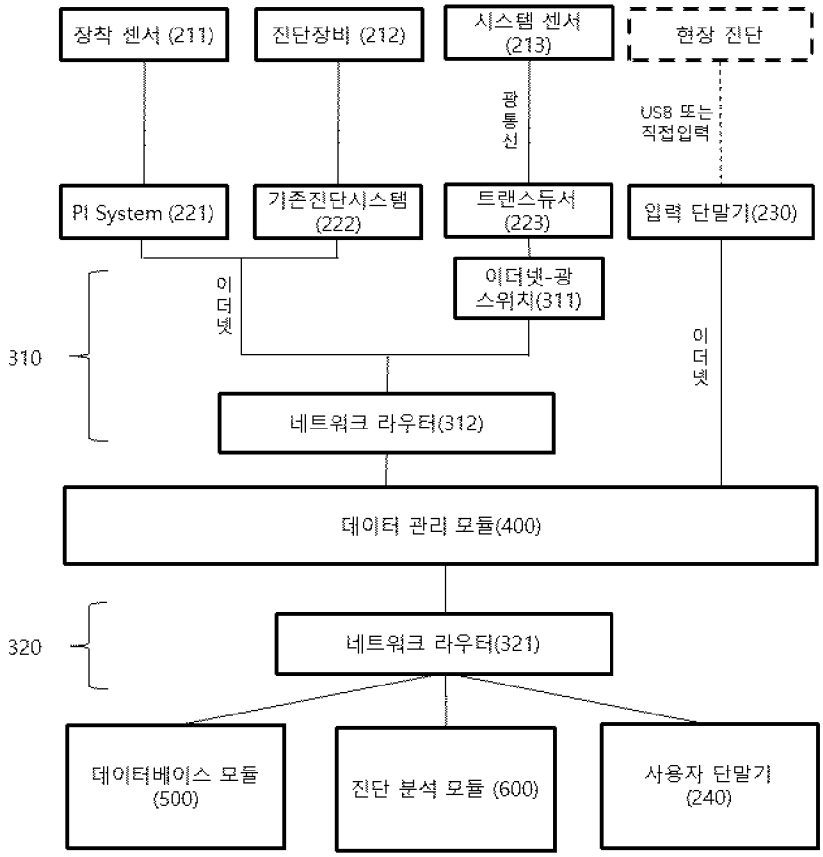
[도3]


1000
중전기기 (100)
센서 모듈(210)
현장 진단
데이터 수집 모듈 (220)
입력 단말기 (230)
네트워크 통신 모듈 (310)
데이터 관리 모듈 (400)
네트워크 통신 모듈 (320)
데이터베이스 모듈 (500)
진단 분석 모듈 (600)
사용자 단말기 (240)

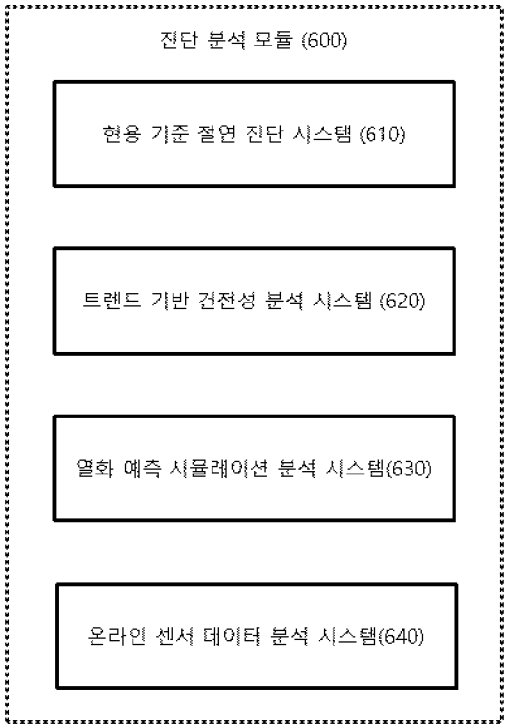
[도4]


중전기기 (100)
...
중전기기 (100)
중전기기 (100)
중전기기 (100)
장착 센서 (211)
기존진단장비 (212)
시스템 센서 (213)
현장 진단
PI System (221)
기존진단시스템 (222)
트랜스듀서 (223)
입력 단말기(230)
네트워크 통신 모듈 (310)
데이터 관리 모듈(400)

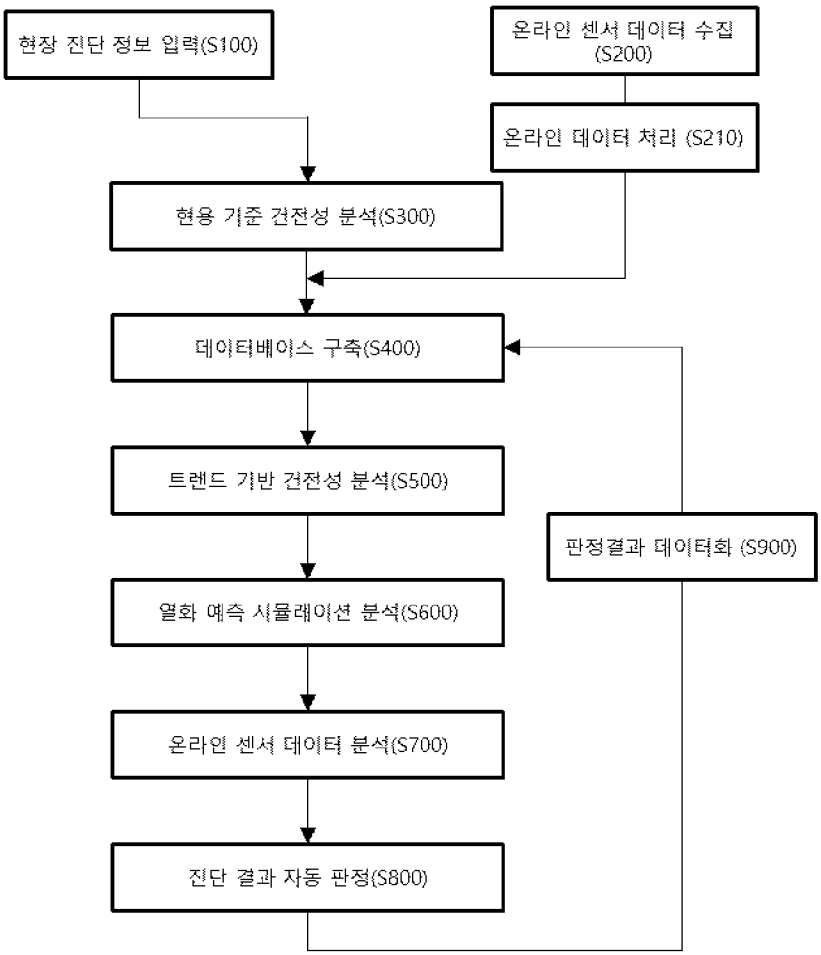
[도5]


장착 센서 (211)
진단장비 (212)
시스템 센서 (213)
현장 진단
광통신
USB 또는 직접입력
PI System (221)
기존진단시스템 (222)
트랜스듀서 (223)
입력 단말기(230)
이더넷-광 스위치(311)
이더넷
이더넷
310
네트워크 라우터(312)
데이터 관리 모듈(400)
320
네트워크 라우터(321)
데이터베이스 모듈 (500)
진단 분석 모듈 (600)
사용자 단말기 (240)

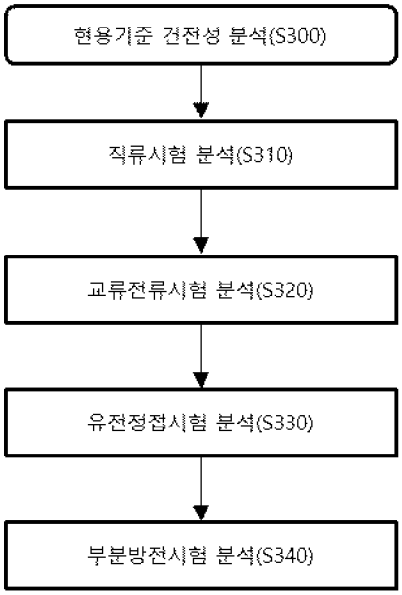
[도6]


진단 분석 모듈 (600)
현용 가준 절연 진단 시스템 (610)
트렌드 기반 건전성 분석 시스템 (620)
열화 예측 시뮬레이션 분석 시스템(630)
온라인 센서 데이터 분석 시스템(640)

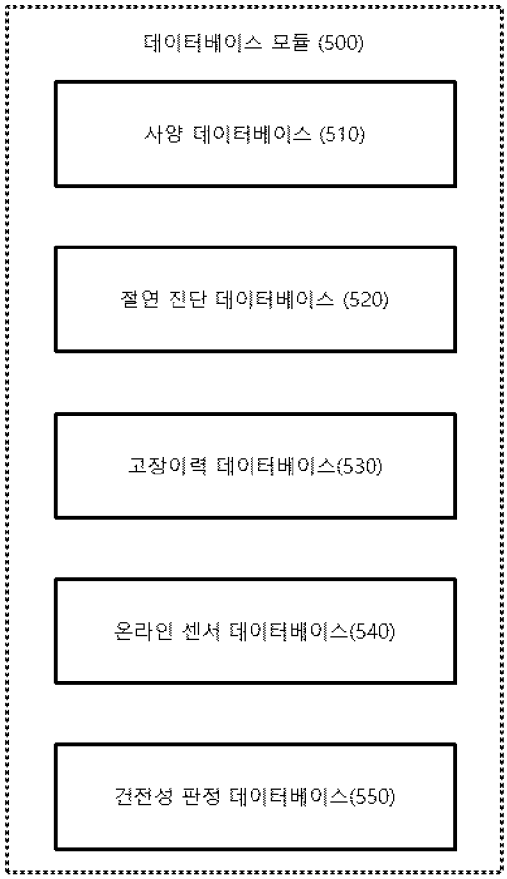
[도7]


현장 진단 정보 입력(S100)
온라인 센서 데이터 수집 (S200)
온라인 데이터 처리 (S210)
현용 기준 건전성 분석(S300)
데이터베이스 구축(S400)
트랜드 기반 건전성 분석(S500)
판정결과 데이터화 (S900)
열화 예측 시뮬레이션 분석(S600)
온라인 센서 데이터 분석(S700)
진단 결과 자동 판정(S800)

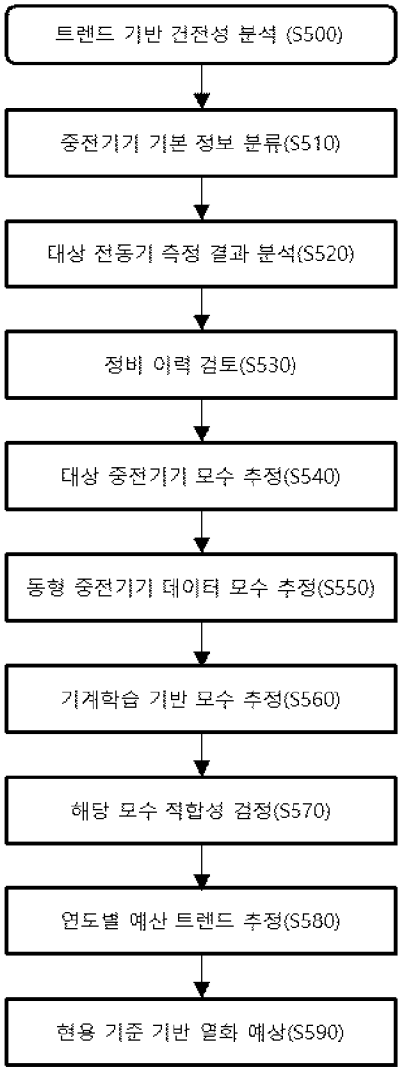
[도8]


현용기준 건전성 분석(S300)
직류시험 분석(S310)
교류전류시험 분석(S320)
유전정접시험 분석(S330)
부분방전시험 분석(S340)

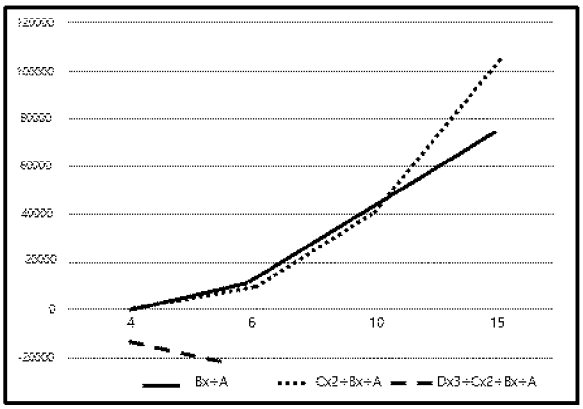
[도9]


데이터베이스 모듈 (500)
사양 데이터베이스 (510)
절연 진단 데이터베이스 (520)
고장이력 데이터베이스(530)
온라인 센서 데이터베이스(540)
건전성 판정 데이터베이스(550)

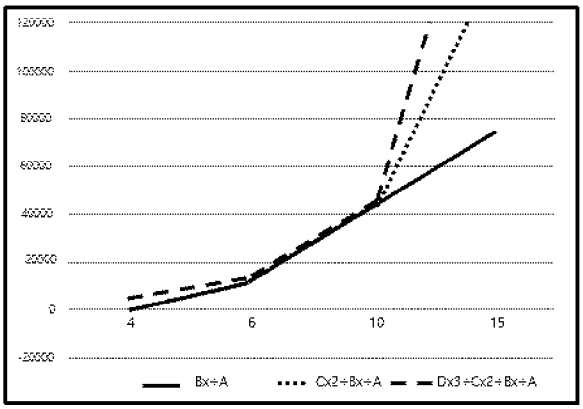
[도10]


트렌드 기반 건전성 분석 (S500)
중전기기 기본 정보 분류(S510)
대상 전동기 측정 결과 분석(S520)
정비 이력 검토(S530)
대상 중전기기 모수 추정(S540)
동형 중전기기 데이터 모수 추정(S550)
기계학습 기반 모수 추정(S560)
해당 모수 적합성 검정(S570)
연도별 예산 트렌드 추정(S580)
현용 기준 기반 열화 예상(S590)

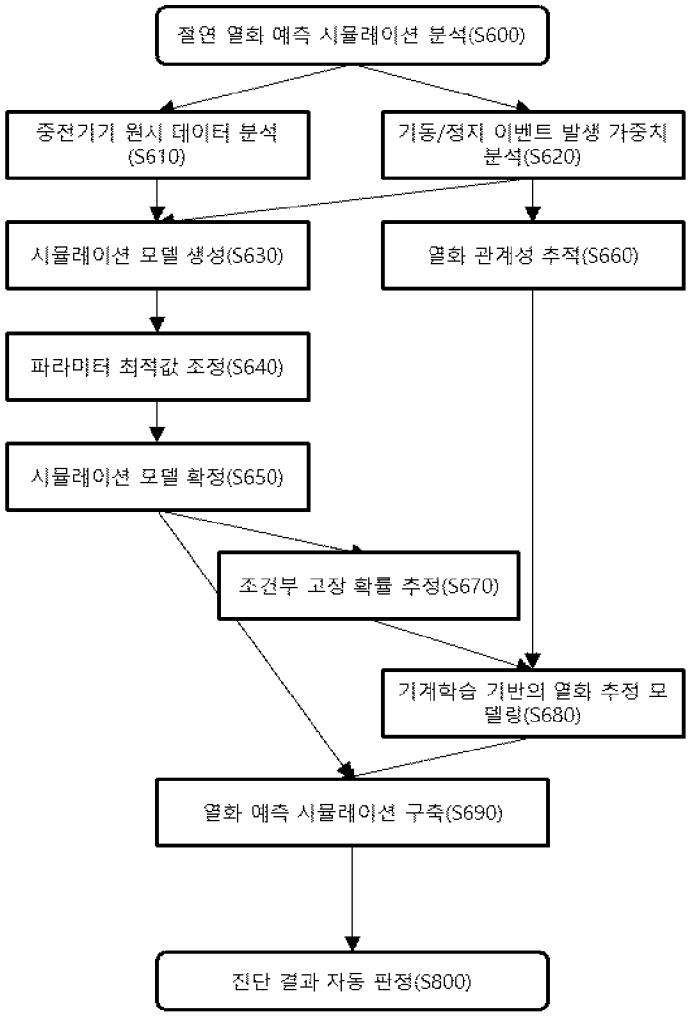
[도11a]


120000
100000
80000
60000
40000
20000
0
-20000
4
6
10
15
Bx+A
Cx2+Bx+A
Dx3+Cx2+Bx+A

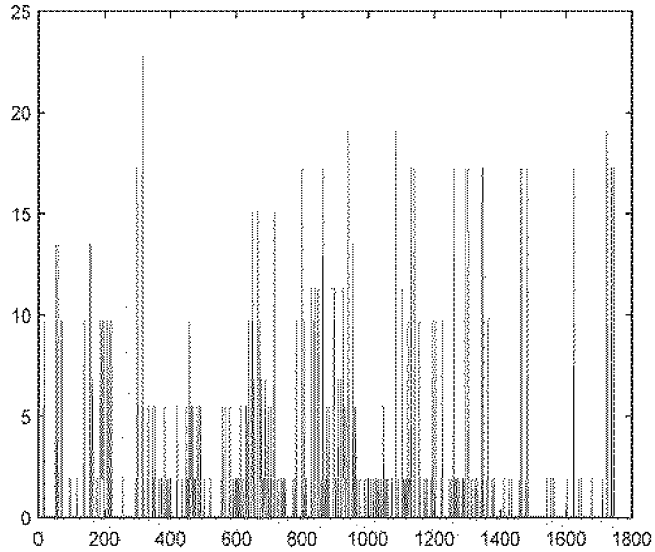
[도11b]



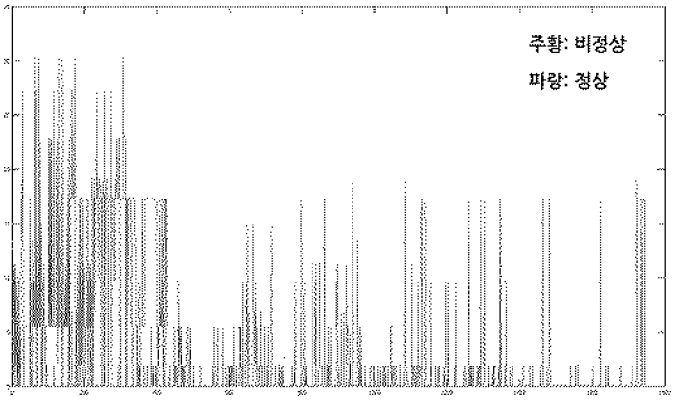
[도12]


절연 열화 예측 시뮬레이션 분석(S600)
중전기기 원시 데이터 분석 (S610)
기동/정지 이벤트 발생 가중치 분석(S620)
시뮬레이션 모델 생성(S630)
열화 관계성 추적(S660)
파라미터 최적값 조정(S640)
시뮬레이션 모델 확정(S650)
조건부 고장 확률 추정(S670)
기계학습 기반의 열화 추정 모델링(S680)
열화 예측 시뮬레이션 구축(S690)
진단 결과 자동 판정(S800)

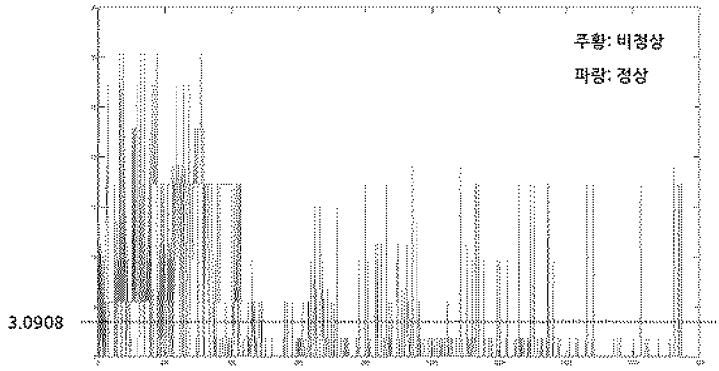
[도13a]



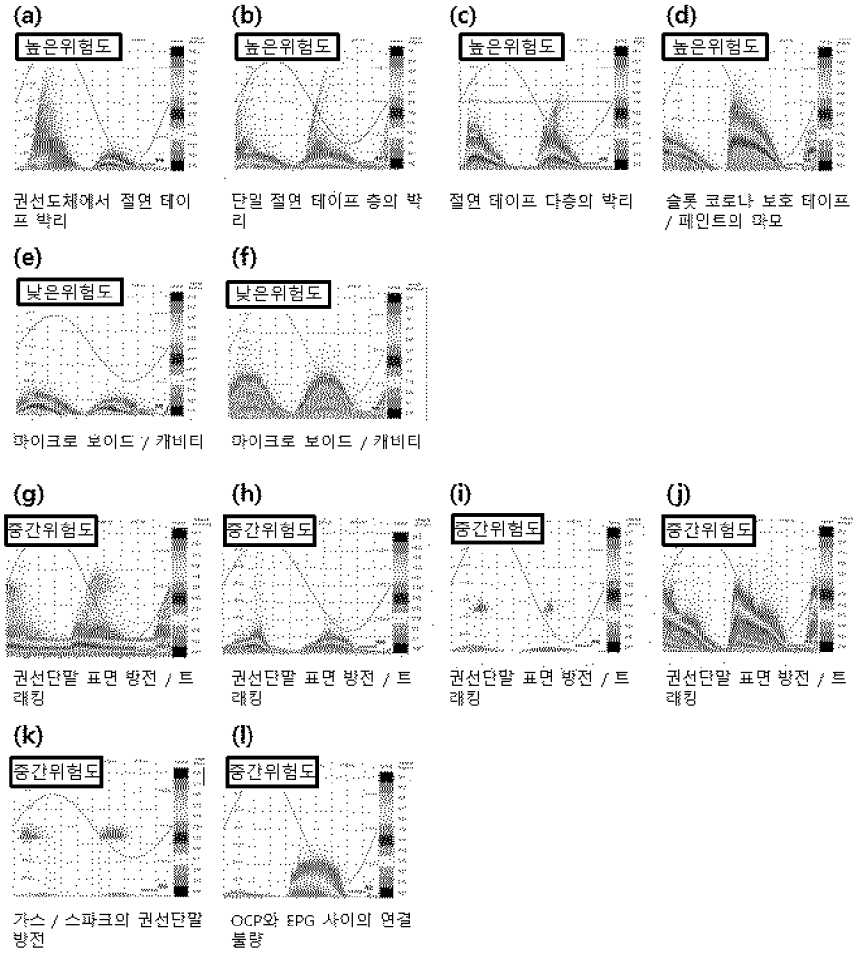
[도13b]



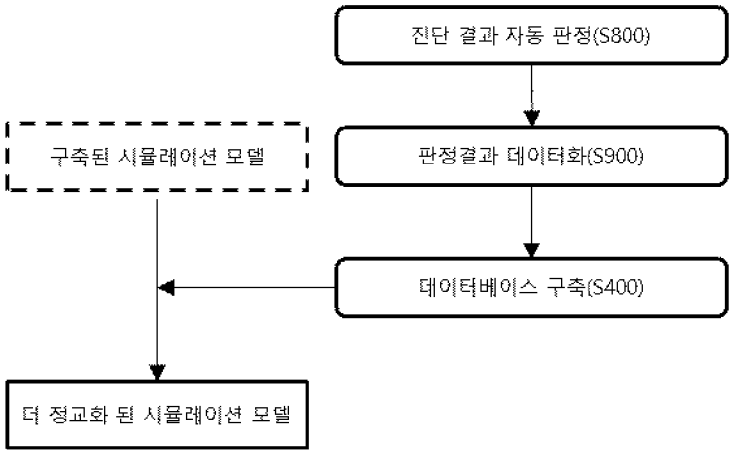
[도13c]



[도14]


(a)
높은위험도
권선도체에서 절연 테이프 박리
(b)
높은위험도
단일 절연 테이프 층의 박리
(c)
높은위험도
절연 테이프 다층의 박리
(d)
높은위험도
슬롯 코로나 보호 테이프 / 페인트의 악모
(e)
낮은위험도
마이크로 보이드 / 캐비티
(f)
낮은위험도
마이크로 보이드 / 캐비티
(g)
중간위험도
권선단말 표면 방전 / 트래킹
(h)
중간위험도
권선단말 표면 방전 / 트래킹
(i)
중간위험도
권선단말 표면 방전 / 트래킹
(j)
중간위험도
권선단말 표면 방전 / 트래킹
(k)
중간위험도
가스 / 스파크의 권선단말 방전
(l)
중간위험도
OCP와 EPG 사이의 연결 불량

[도15]


진단 결과 자동 판정(S800)
구축된 시뮬레이션 모델
판정결과 데이터화(S900)
데이터베이스 구축(S400)
더 정교화 된 시뮬레이션 모델

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2020/013533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/34(2006.01)i; **G01R 31/12**(2006.01)i; **G01R 31/28**(2006.01)i; **G06N 20/00**(2019.01)i; **G05B 23/02**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R 31/34(2006.01); G01R 31/02(2006.01); G05B 19/05(2006.01); G05B 23/02(2006.01); G06N 20/00(2019.01); G07C 5/08(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 센서(sensor), 분석(analysis), 트렌드(trend), 건전성(health), 기기(electric motor)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2019-0085291 A (SEOYON E-HWA CO., LTD. et al.) 18 July 2019 (2019-07-18) See paragraphs [0040]-[0042], [0043], [0045] and [0051]; and figure 4.	1-20
A	KR 10-2001-0077602 A (KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION) 20 August 2001 (2001-08-20) See pages 3-4; and figure 1.	1-20
A	JP 2018-180759 A (HITACHI LTD.) 15 November 2018 (2018-11-15) See paragraphs [0011]-[0020]; and figure 1.	1-20
A	EP 2204778 A2 (EMBRAER - EMPRESA BRASILEIRA DE AERONAUTICA S.A.) 07 July 2010 (2010-07-07) See paragraphs [0035]-[0036]; and figures 2A-2B.	1-20
PX	KR 10-2092185 B1 (PACT-ALLIANCE CO., LTD.) 26 May 2020 (2020-05-26) See paragraphs [0011] and [0019]-[0029]; claims 1 and 2-9; and figure 1. (This document is a published earlier application that serves as a basis for claiming priority of the present international application.)	1-20

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 January 2021	**27 January 2021**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office **Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208**	
Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2020/013533

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
KR 10-2019-0085291 A	18 July 2019	KR 10-2145984 B1	19 August 2020
KR 10-2001-0077602 A	20 August 2001	KR 10-0369613 B1	30 January 2003
JP 2018-180759 A	15 November 2018	None	
EP 2204778 A2	07 July 2010	BR PI0905485 A2	04 June 2013
		BR PI0905516 A2	28 January 2014
		CN 101799365 A	11 August 2010
		CN 101799365 B	13 May 2015
		CN 101943911 A	12 January 2011
		EP 2202600 A2	30 June 2010
		EP 2202600 A3	13 October 2010
		EP 2202600 B1	08 October 2014
		EP 2202600 B8	12 November 2014
		EP 2204778 A3	14 December 2011
		EP 2204778 B1	25 March 2020
		US 2010-0161274 A1	24 June 2010
		US 2010-155634 A1	24 June 2010
		US 8306778 B2	06 November 2012
		US 8955365 B2	17 February 2015
KR 10-2092185 B1	26 May 2020	None	

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2020/013533

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01R 31/34(2006.01)i; **G01R 31/12**(2006.01)i; **G01R 31/28**(2006.01)i; **G06N 20/00**(2019.01)i; **G05B 23/02**(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01R 31/34(2006.01); G01R 31/02(2006.01); G05B 19/05(2006.01); G05B 23/02(2006.01); G06N 20/00(2019.01); G07C 5/08(2006.01)

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드:센서(sensor), 분석(analysis), 트렌드(trend), 건전성(health), 기기(electric motor)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2019-0085291 A (주식회사 서연이화 등) 2019.07.18 단락 [0040]-[0042], [0043], [0045], [0051]; 및 도면 4	1-20
A	KR 10-2001-0077602 A (한국전력공사) 2001.08.20 페이지 3-4; 및 도면 1	1-20
A	JP 2018-180759 A (HITACHI LTD.) 2018.11.15 단락 [0011]-[0020]; 및 도면 1	1-20
A	EP 2204778 A2 (EMBRAER - EMPRESA BRASILEIRA DE AERONAUTICA S.A.) 2010.07.07 단락 [0035]-[0036]; 및 도면 2A-2B	1-20
PX	KR 10-2092185 B1 (팩트얼라이언스 주식회사) 2020.05.26 단락 [0011], [0019]-[0029]; 청구항 1, 2-9; 및 도면 1 (위 문헌은 본 국제출원의 우선권주장의 기초가 되는 선출원의 공개된 공보임)	1-20

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☑ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌
"D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌
"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌
"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌
"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌
"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌
"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌
"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.
"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.
"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2021년01월26일(26.01.2021)	**2021년01월27일(27.01.2021)**

ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관
대한민국 특허청 **(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)**	강민정
팩스 번호 **+82-42-481-8578**	전화번호 **+82-42-481-8131**

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2020/013533

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2019-0085291 A	2019/07/18	KR 10-2145984 B1	2020/08/19
KR 10-2001-0077602 A	2001/08/20	KR 10-0369613 B1	2003/01/30
JP 2018-180759 A	2018/11/15	없음	
EP 2204778 A2	2010/07/07	BR PI0905485 A2	2013/06/04
		BR PI0905516 A2	2014/01/28
		CN 101799365 A	2010/08/11
		CN 101799365 B	2015/05/13
		CN 101943911 A	2011/01/12
		EP 2202600 A2	2010/06/30
		EP 2202600 A3	2010/10/13
		EP 2202600 B1	2014/10/08
		EP 2202600 B8	2014/11/12
		EP 2204778 A3	2011/12/14
		EP 2204778 B1	2020/03/25
		US 2010-0161274 A1	2010/06/24
		US 2010-155634 A1	2010/06/24
		US 8306778 B2	2012/11/06
		US 8955365 B2	2015/02/17
KR 10-2092185 B1	2020/05/26	없음	