

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호

WO 2022/154304 A1

2022 년 7 월 21 일 (21.07.2022)

WIPO | PCT

(51) 국제특허분류:

G01N 21/31 (2006.01)

G01N 21/41 (2006.01)

G01N 21/55 (2006.01)

H01F 27/40 (2006.01)

G01N 21/59 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2021/019662

(22) 국제출원일:

2021 년 12 월 22 일 (22.12.2021)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2021-0006152 2021 년 1 월 15 일 (15.01.2021) KR

10-2021-0042457 2021 년 4 월 1 일 (01.04.2021) KR

(71) 출원인: 엘에스일렉트릭(주) (LS ELECTRIC CO., LTD.) [KR/KR]; 14119 경기도 안양시 동안구 엘에스로 127 엘에스타워, Gyeonggi-do (KR).

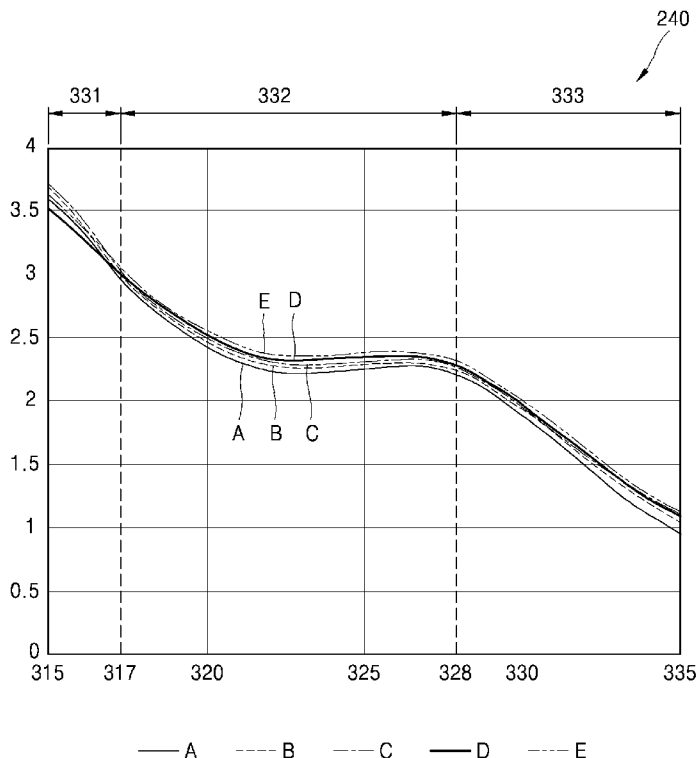
(72) 발명자: 윤재훈 (YOON, Jae-Hun); 14118 경기도 안양시 동안구 엘에스로 116번길 40, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 특허법인(유한) 대아 (DAE-A INTELLECTUAL PROPERTY CONSULTING); 06243 서울특별시 강남구 역삼로 123, 한양빌딩 3층, 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.

(54) Title: TRANSFORMER LIFETIME EVALUATION APPARATUS AND METHOD

(54) 발명의 명칭: 변압기 수명 평가 장치 및 방법



(57) Abstract: A transformer lifetime evaluation apparatus according to an embodiment comprises: a first storage part for storing insulation oil used for insulation of a transformer; a second storage part provided to be separated from the first storage part and storing insulation oil which is not used for the insulation of the transformer; a light-emitting unit for emitting light of a specified wavelength; a light-receiving unit for receiving light emitted from the light-emitting unit; a first optical cable connecting the light-emitting unit and the light-receiving unit, providing a moving path of light emitted from the light-emitting unit and received in the light-receiving unit, and disposed to extend through the first storage part; a second optical cable connecting the light-emitting unit and the light-receiving unit, providing a moving path of light emitted from the light-emitting unit and received in the light-receiving unit, and disposed to

[다음 쪽 계속]



WO 2022/154304 A1

(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))

extend through the second storage part; and a calculation part connected to the light-receiving unit and receiving information about an optical property of methanol from the light-receiving unit.

(57) 요약서: 변압기 수명 평가 장치의 일 실시예는, 변압기의 절연에 사용되는 절연유가 저장되는 제1저장부, 제1저장부와 분리되어 구비되고, 변압기의 절연에 사용되지 않는 절연유가 저장되는 제2 저장부, 특정 파장의 빛을 발광하는 발광부, 발광부에서 발광된 빛을 수광하는 수광부, 발광부와 수광부를 연결하고, 발광부로부터 발광되어 수광부로 수광되는 빛의 이동경로를 제공하고, 제1 저장부를 관통하도록 배치되는 제1 광케이블, 발광부와 수광부를 연결하고, 발광부로부터 발광되어 수광부로 수광되는 빛의 이동경로를 제공하고, 제2 저장부를 관통하도록 배치되는 제2 광케이블, 및 수광부와 연결되고, 수광부로부터 메탄올의 광특성에 대한 정보를 수신하는 연산부를 포함할 수 있다.

명세서

발명의 명칭: 변압기 수명 평가 장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 변압기 수명 평가 장치 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 유입형 변압기 수명 평가 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 발명에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.
- [3] 유입변압기의 수명에 관계하는 것은 절연유, 절연지 등의 절연재료로써 유입변압기의 수명은 절연지(셀룰로오스)의 기계적 수명에 따라 결정된다. 즉, 절연지가 열화됨에 따라 절연지의 기계적 강도가 감소되며 절연지의 기계적 수명 또한 감소된다. 이는 절연지의 셀룰로오스 분자들의 긴 사슬들을 절단하는 화학 반응들에 의해 셀룰로오스의 섬유 조직들이 약해지기 때문이다.
- [4] 이와 같이 유입 변압기의 수명은 절연지의 건전도(중합도)에 의해 좌우되므로 열화에 의한 절연지의 강도 저하는 직접 또는 간접적으로 변압기 고장의 원인이 될 수 있다. 따라서, 절연지의 상태(중합도) 진단은 매우 중요하다.
- [5] 중합도 진단 기술은 재료의 변화를 직접 검출하는 방법과 재료가 변질, 변형된 것에 의한 기하 형태의 변화 등 2차적인 변화를 검출하는 간접적인 방법 등이 있다. 다만, 어느 방법이든 설비의 운전을 중지시키지 않고 운전 중(활선, on-line) 상태에서 진단이 이루어져야 한다.
- [6] 변압기 이상 진단에 사용되는 종래 기술인 유중 가스 분석(DGA; Dissolved Gas Analysis)은 유입 변압기에서 발생하는 유중 가스인 메탄 가스를 이용하여 변압기의 이상 여부를 판단한다.
- [7] 그러나, 이러한 종래 기술은 변압기의 이상 여부만을 판단할 수 있을 뿐 메탄 가스의 양과 절연지의 중합도 사이의 관계가 정의되지 않아 변압기의 잔여 수명을 평가하는 목적으로는 사용되지 못한다.
- [8] 또한, 실제 변압기에서 나타나는 결함 유형과 DGA로 측정되는 결과는 전력기기의 수명평가와 연결시키기 어렵기 때문에 변압기 운영자는 DGA 결과에 따라 변압기 이상 판단 시 변압기 내부를 직접 점검하여 육안으로 결함을 확인해야만 하는 문제점이 있다.
- [9] 또한, 메탄가스를 분석하는 종래의 DGA 방식은 유중 가스를 감지하는 유중 가스 센서의 가격이 매우 높아 경제성이 떨어지는 문제점이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [10] 본 발명의 목적은 절연유에 포함된 메탄올의 광특성을 이용한 변압기 수명 평가 장치를 제공하는 것이다.

- [11] 또한 본 발명의 목적은 전술한 변압기 수명 평가 장치를 이용한 변압기 수명 평가 방법을 제공하는 것이다.
- [12] 본 명세서의 목적은 절연유에 포함된 메탄올과 절연지의 중합도 사이의 관계식을 통해 메탄올을 직접 채유 하지 않고도 변압기의 수명을 평가할 수 있는 변압기 수명 평가 방법을 제공하는 것이다.
- [13] 또한 본 명세서의 목적은 특정 파장을 광원으로 사용하는 광센서를 통해 메탄올의 광특성을 산출하여 변압기의 수명을 정밀하게 평가하는 변압기 수명 평가 방법을 제공하는 것이다.
- [14] 또한 본 명세서의 목적은 저비용이면서도 설치와 운용이 간편한 광센서를 이용하여 변압기의 수명을 효율적으로 평가하고 비용을 절감시키는 변압기 수명 평가 방법을 제공하는 것이다.
- [15] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [16] 절연유에 포함된 메탄올의 광특성을 이용한 변압기 수명 평가 장치를 개시한다.
- [17] 변압기 수명 평가 장치의 일 실시예는, 변압기의 절연에 사용되는 절연유가 저장되는 제1저장부, 제1저장부와 분리되어 구비되고, 변압기의 절연에 사용되지 않는 절연유가 저장되는 제2저장부, 특정 파장의 빛을 발광하는 발광부, 발광부에서 발광된 빛을 수광하는 수광부, 발광부와 수광부를 연결하고, 발광부로부터 발광되어 수광부로 수광되는 빛의 이동경로를 제공하고, 제1저장부를 관통하도록 배치되는 제1광케이블, 발광부와 수광부를 연결하고, 발광부로부터 발광되어 수광부로 수광되는 빛의 이동경로를 제공하고, 제2저장부를 관통하도록 배치되는 제2광케이블, 및 수광부와 연결되고, 수광부로부터 메탄올의 광특성에 대한 정보를 수신하는 연산부를 포함할 수 있다.
- [18] 수광부는, 제1저장부와 제2저장부 각각에 저장된 절연유에 포함되는 메탄올의 광특성에 대한 정보를 연산부로 전송할 수 있다.
- [19] 광특성은 흡광율, 반사율 또는 굴절률 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [20] 연산부는, 특정 파장의 빛에 기초하여 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출하는 메탄올 함량 분석부, 산출된 메탄올 함량을 기초로 변압기에 구비되는 절연지의 중합도를 산출하는 중합도 산출부, 및 산출된 중합도에 기초하여 변압기의 수명을 평가하는 수명 평가부를 포함할 수 있다.
- [21] 메탄올 함량 분석부는, 수광부로부터 전송받은 메탄올의 흡광도를 기초로

변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출할 수 있다.

- [22] 특정 파장은, 317nm 내지 328nm 범위의 대역을 가지는 파장일 수 있다.
- [23] 연산부는, 제1저장부와 제2저장부 각각에 저장된 메탄올의 광특성을 서로 비교하고, 각각의 광특성의 차이값이 설정된 범위를 초과하면 변압기가 사용 불가능한 것으로 판단할 수 있다.
- [24] 전술한 변압기 수명 평가 장치를 이용한 변압기 수명 평가 방법을 개시한다.
- [25] 변압기 수명 평가 방법의 일 실시예는, 발광부가 제1저장부와 제2저장부에 저장된 절연유에 특정 파장의 빛을 조사하는 단계, 수광부가 제1저장부와 제2저장부 각각에 저장된 메탄올의 광특성에 대한 정보를 연산부로 전송하는 단계, 및 연산부가 제1저장부와 제2저장부 각각에 저장된 메탄올의 광특성을 서로 비교하는 단계,를 포함할 수 있다.
- [26] 연산부가 제1저장부와 제2저장부 각각에 저장된 메탄올의 광특성을 서로 비교하는 경우, 연산부는 각각의 광특성의 차이값이 설정된 범위를 초과하면 변압기가 사용 불가능한 것으로 판단할 수 있다.
- [27] 변압기 수명 평가 방법의 일 실시예는, 연산부가 제1저장부에 저장된 절연유에 포함된 메탄올의 함량을 산출하는 단계, 연산부가 제1저장부의 메탄올 함량에 기초하여 변압기에 구비되는 절연지의 중합도를 산출하는 단계, 및 연산부가 산출된 중합도에 기초하여 변압기의 수명을 평가하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [28] 연산부가 산출된 중합도에 기초하여 변압기의 수명을 평가하는 경우, 산출된 중합도가 설정된 한계 수명점 이하인 경우, 변압기가 사용 불가능한 것으로 판단할 수 있다.
- [29] 센서 모듈의 일 실시예는, 변압기의 절연에 사용되는 절연유가 저장되는 제1저장부, 제1저장부와 분리되어 구비되고, 변압기의 절연에 사용되지 않는 절연유가 저장되는 제2저장부, 특정 파장의 빛을 발광하는 발광부, 발광부에서 발광된 빛을 수광하는 수광부, 발광부와 수광부를 연결하고, 발광부로부터 발광되어 수광부로 수광되는 빛의 이동경로를 제공하고, 제1저장부를 관통하도록 배치되는 제1광케이블, 및 발광부와 수광부를 연결하고, 발광부로부터 발광되어 수광부로 수광되는 빛의 이동경로를 제공하고, 제2저장부를 관통하도록 배치되는 제2광케이블을 포함할 수 있다.
- [30] 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 방법은 미리 정해진 특정 파장의 빛을 절연유에 제공하거나 미리 정해진 특정 파장의 빛을 수신하는 단계, 특정 파장의 빛을 이용하여 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 획득하는 단계, 획득된 메탄올 함량을 통해 중합도를 산출하는 단계 및 산출된 중합도에 기초하여 상기 변압기의 수명을 평가하는 단계를 포함한다.
- [31] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 광특성은 흡광율, 반사율, 굴절률을 포함한다.
- [32] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 제공한 빛에 기초하여 상기 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출하는 단계는 제공한 빛에 기초하여 상기 메탄올의 광특성에 따른 흡광도를 획득하는 단계 및 획득한 흡광도에 기초하여

상기 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출하는 단계를 포함한다.

[33] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 미리 정해진 특정 파장은 제2 경사 구간의 파장 대역을 포함한다.

[34] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 획득한 메탄올 함량을 통해 중합도를 산출하는 단계는 하기와 같이 수학식 1을 통해 산출된다.

[35]

[36] [수학식 1]

[37]

$$DP = \exp \left[\frac{a - \ln(\text{MeOH}_{\text{ppm}})}{b} \right]$$

[38] (DP: 중합도, MeOH: 메탄올 함량, a: 제1 기준값, b: 제2 기준값)

[39]

[40] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 산출된 중합도에 기초하여 변압기의 수명을 평가하는 단계는 산출된 중합도가 미리 정해진 한계 수명점 이하인 경우 상기 변압기가 사용 불가능한 것으로 판단하는 단계를 포함한다.

[41] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 한계 수명점은 중합도가 400 이다.

[42] 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 장치는 미리 정해진 특정 파장의 빛을 상기 절연유에 제공하거나 미리 정해진 특정 파장의 빛을 수신하는 센서 모듈, 특정 파장의 빛에 기초하여 상기 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 획득하는 메탄올 함량 분석부, 획득된 메탄올 함량을 통해 중합도를 산출하는 중합도 산출부 및 산출된 중합도에 기초하여 상기 변압기의 수명을 평가하는 수명 평가부를 포함한다.

[43] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 광특성은 흡광율, 반사율, 굴절률을 포함한다.

[44] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 메탄올 함량 분석부는 특정 파장의 빛에 기초하여 메탄올의 광특성에 따른 흡광도를 획득하고, 획득한 흡광도에 기초하여 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출한다.

[45] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 미리 정해진 특정 파장은 일정한 간격의 그래프 분포를 가지면서 특정 크기 이상의 흡광도를 갖는 구간의 파장 대역을 포함한다.

[46] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 일정한 간격의 그래프 분포를 가지면서 특정 크기 이상의 흡광도를 갖는 구간의 파장 대역은 317nm 보다 같거나 크고 328nm 보다 같거나 작다.

[47] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 중합도 산출부는 하기[수학식 1]을 통해 중합도를 산출한다.

[48] [수학식 1]

[49]

$$DP = \exp \left[\frac{a - \ln(\text{MeOH}_{\text{ppm}})}{b} \right]$$

[50] (DP: 중합도, MeOH: 메탄올 함량, a: 제1 기준값, b: 제2 기준값)

[51] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 수명 평가부는 산출된 중합도가 미리 정해진 한계 수명점 이하인 경우 변압기가 사용 불가능한 것으로 판단한다.

[52] 또한, 본 명세서의 일 실시예에서 한계 수명점은 중합도가 400 이다.

발명의 효과

[53] 본 발명에 따른 변압기 수명 평가 장치는 절연유에 포함된 메탄올과 절연지의 중합도 사이의 관계식을 통해 메탄올을 직접 채유 하지 않고도 변압기의 수명을 용이하고 정밀하게 평가할 수 있다.

[54] 또한 본 발명에 따른 변압기 수명 평가 장치에서, 제1저장부와 제2저장부 각각에 저장된 메탄올의 광특성을 서로 비교함으로써, 제1저장부에 저장된 메탄올의 중합도를 산출하지 않고서도, 용이하게 변압기의 한계수명 도달여부를 판단할 수 있다.

[55] 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 방법은 절연유에 포함된 메탄올과 절연지의 중합도 사이의 관계식을 통해 메탄올을 직접 채유 하지 않고도 변압기의 수명을 평가할 수 있다.

[56] 또한 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 방법은 특정 파장을 광원으로 사용하는 광센서를 통해 메탄올의 광특성을 산출하여 변압기의 수명을 정밀하게 평가할 수 있다.

[57] 또한 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 방법은 저비용이면서도 설치와 운용이 간편한 광센서를 이용하여 변압기의 수명을 효율적으로 평가하고 비용을 절감시킬 수 있다.

[58] 상술한 효과와 더불어 본 발명의 구체적인 효과는 이하 발명을 실시하기 위한 구체적인 사항을 설명하면서 함께 기술한다.

도면의 간단한 설명

[59] 도 1a는 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 장치를 개략적으로 나타낸 블록도이다.

[60] 도 1b는 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 장치에 구비되는 센서 모듈을 개략적으로 나타낸 도면이다.

[61] 도 2는 일 실시예에 따른 전체 파장에 대한 메탄올의 흡광도를 나타낸 그래프이다.

[62] 도 3은 도 2의 그래프에서 특정 파장 영역의 그래프를 확대한 도면이다.

[63] 도 4는 일 실시예에 따른 열화시간에 따른 중합도와 절연유의 메탄올 함량 변화를 나타낸 그래프이다.

[64] 도 5는 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 방법을 나타낸 순서도이다.

- [65] 도 6은 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 장치와 변압기의 블록도이다.
- [66] 도 7은 본 명세서의 일 실시예에서 전체 파장에 대한 메탄올의 흡광도를 나타낸 그래프이다.
- [67] 도 8은 도 7의 그래프에서 특정 파장 영역의 그래프를 확대한 도면이다.
- [68] 도 9는 본 명세서의 일 실시예에서 열화시간에 따른 중합도와 절연유의 메탄올 함량 변화를 나타낸 그래프이다.
- [69] 도 10은 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 방법의 순서도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [70] 전술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 후술되며, 이에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 도면에서 동일한 참조부호는 동일 또는 유사한 구성요소를 가리키는 것으로 사용된다.
- [71] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것으로, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 제1 구성요소는 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.
- [72] 명세서 전체에서, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 각 구성요소는 단수일 수도 있고 복수일 수도 있다.
- [73] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다.
- [74] 명세서 전체에서, "A 및/또는 B" 라고 할 때, 이는 특별한 반대되는 기재가 없는 한, A, B 또는 A 및 B 를 의미하며, "C 내지 D" 라고 할 때, 이는 특별한 반대되는 기재가 없는 한, C 이상이고 D 이하인 것을 의미한다.
- [75]
- [76] <제1실시예>
- [77] 도 1a는 일 실시예에 따른 변압기(10) 수명 평가 장치를 개략적으로 나타낸 블록도이다. 도 1b는 일 실시예에 따른 변압기(10) 수명 평가 장치에 구비되는 센서 모듈(11)을 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 1b에서 화살표는 빛의

진행방향을 나타낸다.

- [78] 변압기(10)는 유도성 전기 전도체를 통해 두 개 이상의 회로 사이에서 전기 에너지를 전달하며 전압을 승압 또는 강압시키는 장치이다. 본 명세서에서 변압기(10)는 변압기(10) 내부의 철심에 감은 코일을 절연유로 절연한 유입 변압기(10)일 수 있다. 이하에서 변압기(10)는 유입 변압기(10)임을 전제하여 설명한다.
- [79] 변압기(10)는 절연유 및 절연지를 포함한다. 절연유는 변압기(10) 내부에 수용되고, 절연지는 코일을 감싼 상태로 구비될 수 있다.
- [80] 절연유 및 절연지는 변압기(10) 내부에 수용되며 변압기(10)로부터 발생하는 감전 사고를 방지하기 위해 전기 절연 기능을 수행한다. 절연지는 예를 들어, 셀룰로오스 절연지일 수 있고, 절연유는 광유, 합성유, PCB(Poly Chlorinated Biphenyl), 혼합유, 알킬 벤젠일 수 있다. 그러나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [81] 한편, 절연지는 변압기(10)의 운전 연수가 증가됨에 따라 열화가 발생한다. 구체적으로, 변압기(10)의 운용에 따라 변압기(10) 내부의 온도가 상승하므로 절연지는 온도 스트레스를 받게 된다.
- [82] 절연지가 온도 스트레스를 받게 되면 열에너지에 의해 분해되는 과정에서 2차 화합물인 메탄올을 생성하게 되고, 생성된 메탄올은 변압기(10) 내부의 절연유에 녹아 들어간다. 따라서, 변압기(10)의 운전 연수가 많을수록 변압기(10)의 절연유에는 메탄올의 함량이 누적되어 높아진다.
- [83] 실시예에 따른 수명 평가 장치는 절연유에 포함된 메탄올의 광특성을 이용할 수 있다. 즉, 절연지가 열화될수록 변압기(10)의 절연유에 포함된 메탄올의 광특성 예를 들어, 메탄올의 흡광율, 반사율 또는 굴절률이 변화하는데, 수명 평가 장치는 이를 측정하여 변압기(10)의 수명을 평가할 수 있다.
- [84] 실시예에 따른 수명 평가 장치는 센서 모듈(11), 상기 센서 모듈(11)과 통신 가능하도록 연결되는 연산부(20)를 포함할 수 있다. 센서 모듈(11)은 변압기(10)에 구비될 수 있고, 연산부(20)는 변압기(10)에 구비되거나, 또는 변압기(10) 외부에 별도로 구비될 수도 있다.
- [85] 센서 모듈(11)은 예를 들어 광센서, 화학적 센서 또는 전기적 센서를 이용한 것일 수 있다. 그러나, 광센서는 주변환경의 영향을 적게 받는 바, 이하에서 센서 모듈(11)은 광센서를 이용한 것임을 전제로 하여 설명한다.
- [86] 센서 모듈(11)은 제1저장부(110), 제2저장부(120), 발광부(130), 수광부(140), 제1광케이블(150) 및 제2광케이블(160)을 포함할 수 있다.
- [87] 제1저장부(110)는 변압기(10)의 절연에 사용되는 절연유가 저장될 수 있다. 상기 제1저장부(110)는 변압기(10)의 절연유 저장장치 전체를 의미하는 것일 수 있다. 제1저장부(110)에는 실제로 변압기(10)의 절연에 사용되는 절연유가 저장되므로, 제1저장부(110)에 저장된 절연유에는 절연지가 열화되어 발생하는 물질인 메탄올이 포함될 수 있다. 메탄올은 절연지가 열화되어 상기 절연지로부터 발생하여 제1저장부(110)에 저장된 절연유로 녹아 들어가기

때문이다.

- [88] 실시예에서는 제1저장부(110)에 저장된 절연유의 메탄올 함량을 구하고, 메탄올의 함량을 기초로 절연지의 중합도를 구하여 절연지의 열화정도를 판단하고, 이를 기초로 변압기(10)의 수명을 평가할 수 있다.
- [89] 제2저장부(120)는 상기 제1저장부(110)와 분리되어 구비되고, 상기 변압기(10)의 절연에 사용되지 않는 절연유가 저장될 수 있다. 제2저장부(120)에 저장된 절연유가 제1저장부(110)의 절연유와 섞이지 않도록, 제2저장부(120)는 절연에 사용되지 않는 절연유가 저장된 상태에서 밀폐되도록 구비될 수 있다.
- [90] 제2저장부(120)는 변압기(10) 내부에 적절한 위치에 마련된 공간에 배치될 수 있다. 예를 들어, 공간을 절약하기 위해, 제1저장부(110)는 제2저장부(120) 내부에 수용될 수 있다.
- [91] 제2저장부(120)는 제1저장부(110)에 저장된 절연유와 비교를 위한 절연유가 수용될 수 있다. 따라서, 제2저장부(120)는, 제1저장부(110)와 비교하여, 작은 부피를 가지고, 적은 양의 절연유를 저장하도록 구비될 수 있다. 제2저장부(120)는 제1저장부(110)와 분리되므로, 제2저장부(120)의 절연유에는 절연지로부터 발생하여 제1저장부(110)에 저장되는 메탄올이 없다.
- [92] 센서 모듈(11)은 발광부(130) 및 수광부(140)를 포함할 수 있다. 즉, 센서 모듈(11)은 발광부(130)를 통해 제1저장부(110)와 제2저장부(120)에 빛을 제공하고 수광부(140)를 통해 제공된 빛을 수신한다.
- [93] 발광부(130)는 특정 파장의 빛을 발광할 수 있다. 특정 파장은 메탄올의 광특성이 명확하게 구분되는 파장 대역으로 예를 들어, 317nm 보다 같거나 크고 328nm 보다 같거나 작을 수 있다. 상기 특정 파장에 대해서는 하기에 도 2 내지 도 4를 참조하여 구체적으로 설명한다.
- [94] 수광부(140)는 상기 발광부(130)에서 발광된 빛을 수광할 수 있다. 발광부(130)는 미리 정해진 특정 파장의 빛을 절연유에 조사하여, 절연유의 광특성을 수신할 수 있다. 구체적으로, 상기 수광부(140)는 상기 제1저장부(110)와 상기 제2저장부(120) 각각에 저장된 절연유에 포함되는 메탄올의 광특성을 수신할 수 있다.
- [95] 제1광케이블(150)은 상기 발광부(130)와 상기 수광부(140)를 연결하고, 상기 발광부(130)로부터 발광되어 상기 수광부(140)로 수광되는 빛의 이동경로를 제공하고, 상기 제1저장부(110)를 관통하도록 배치될 수 있다.
- [96] 제1광케이블(150)을 통과하는 빛은 제1저장부(110)에 저장된 절연유에 포함되는 메탄올에 조사될 수 있다. 따라서, 수광부(140)는 제1광케이블(150)을 통해 제1저장부(110)의 메탄올의 광특성을 수신할 수 있다.
- [97] 제2광케이블(160)은 상기 발광부(130)와 상기 수광부(140)를 연결하고, 상기 발광부(130)로부터 발광되어 상기 수광부(140)로 수광되는 빛의 이동경로를 제공하고, 상기 제2저장부(120)를 관통하도록 배치될 수 있다.
- [98] 제2광케이블(160)을 통과하는 빛은 제2저장부(120)에 저장된 절연유에 조사될

수 있다. 제2저장부(120)에는 절연지로부터 메탄올이 유입되지 않으므로, 수광부(140)는 제2광케이블(160)을 통해 메탄올이 포함되지 않은 절연유의 광특성을 수신할 수 있다. 이하의 설명에서, 메탄올의 광특성은 메탄올이 포함되지 않은 상태의 절연유의 광특성을 포함할 수 있다.

- [99] 메탄올은 빛의 파장 대역에 따라서 서로 다른 광특성을 갖는다. 여기서 광특성은 흡광율, 반사율 또는 굴절률 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 구체적으로 흡광율은 메탄올이 빛을 흡수하는 정도이고, 반사율은 메탄올이 빛을 반사하는 정도이며 굴절률은 메탄올에 빛이 통과할 때 경계면에서 빛이 꺾이는 정도를 의미한다. 동일한 파장 대역에서 메탄올의 광특성 즉, 흡광율, 반사율, 굴절률은 모두 유사한 특성을 갖는다.
- [100] 연산부(20)는 상기 수광부(140)와 연결되고, 상기 수광부(140)로부터 메탄올의 광특성에 대한 정보를 수신할 수 있다. 이때, 수광부(140)는 상기 제1저장부(110)와 상기 제2저장부(120) 각각에 저장된 절연유에 포함되는 메탄올의 광특성에 대한 정보를 상기 연산부(20)로 전송할 수 있다.
- [101] 연산부(20)는 메탄올 함량 분석부(21), 중합도 산출부(22) 및 수명 평가부(23)를 포함할 수 있다.
- [102] 메탄올 함량 분석부(21)는 특정 파장의 빛에 기초하여 상기 변압기(10)의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출할 수 있다. 상기 메탄올 함량 분석부(21)는 상기 수광부(140)로부터 전송받은 메탄올의 흡광도를 기초로 변압기(10)의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출할 수 있다.
- [103] 구체적으로, 메탄올 함량 분석부(21)는 센서 모듈(11)에 의해 제공된 빛에 기초하여 메탄올의 광특성에 따른 흡광도를 획득하고, 획득한 흡광도에 기초하여 변압기(10)의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출할 수 있다.
- [104] 흡광도는 메탄올에 빛을 비추었을 때 투과하는 복사량에 대한 발산한 복사량 비율의 로그값을 의미한다. 다시 말해, 흡광도는 메탄올이 특정 파장의 빛을 흡수하는 정도를 나타내며 메탄올의 광특성인 흡광율에 비례한다. 따라서 메탄올이 흡수하는 빛의 양이 많을수록 흡광도는 커지고, 흡수하는 빛의 양이 적을수록 흡광도는 작아진다.
- [105] 또한, 흡광도가 크면 변압기(10)의 절연유에 포함된 메탄올 함량이 많고, 흡광도가 작으면 변압기(10)의 절연유에 포함된 메탄올 함량이 적다. 이에 따라 메탄올 함량 분석부(21)는 획득한 흡광도에 기초하여 변압기(10)의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출한다.
- [106] 중합도 산출부(22)는 산출된 메탄올 함량을 기초로 변압기(10)에 구비되는 절연지의 중합도를 산출할 수 있다. 여기서 중합도는 절연지의 건전도 즉, 절연지의 열화 정도가 어느 정도 진행되었는지를 의미한다. 따라서, 열화가 진행될수록 중합도가 낮고, 절연지의 기계적 수명이 줄어들게 된다. 중합도를 산출하는 방법에 대해서는 하기에 구체적으로 설명한다.
- [107] 수명 평가부(23)는 산출된 중합도에 기초하여 변압기(10)의 수명을 평가할 수

있다. 구체적으로 수명 평가부(23)는 변압기(10)의 한계 수명점을 미리 설정할 수 있다. 한계 수명점은 예를 들어 산출된 중합도가 400인 경우일 수 있다. 한계 수명점은 하기에 구체적으로 설명한다.

[108] 수명 평가부(23)는 산출된 중합도와 미리 설정된 한계 수명점을 비교하고, 산출된 중합도가 미리 설정된 한계 수명점 이하인 경우 변압기(10)가 사용 불가능한 것으로 판단할 수 있다.

[109] 또한, 수명 평가부(23)는 산출된 중합도와 미리 설정된 한계 수명점을 비교하고, 산출된 중합도가 미리 설정된 한계 수명점보다 큰 경우 한계 수명점과 산출된 중합도 차이 값의 크기에 따라 변압기(10)의 남은 수명을 평가할 수 있다.

[110] 연산부(20)는 상기 제1저장부(110)와 상기 제2저장부(120) 각각에 저장된 메탄올의 상기 광특성을 서로 비교하고, 각각의 상기 광특성의 차이값이 설정된 범위를 초과하면 변압기(10)가 사용 불가능한 것으로 판단할 수 있다.

[111] 이때, 제2저장부(120)에는 절연지로부터 발생하는 메탄올이 유입되지 않으므로, 연산부(20)는 제2저장부(120)에 메탄올이 포함되지 않은 절연유의 광특성 즉, 제2광특성을 수광부(140)로 수신할 수 있다. 또한, 연산부(20)는 제1저장부(110)에 저장된 메탄올의 광특성 즉, 제2광특성을 수광부(140)로부터 수신할 수 있다.

[112] 변압기(10)의 운전 연수가 증가함에 따라, 절연지가 열화되어 제1광특성은 변화할 수 있다. 그러나, 제2저장부(120)에는 절연지의 열화에 기인하여 발생하는 메탄올이 유입되지 않으므로, 제2광특성은 변화하지 않거나, 변화가 매우 적을 것이다.

[113] 따라서, 연산부(20)는 제1광특성과 제2광특성을 서로 비교하고, 그 차이값이 설정된 범위를 초과하면 변압기(10)가 사용 불가능한 것으로 판단할 수 있다. 이때, 상기 제1광특성과 제2광특성의 차이값에 대한 설정된 범위는 한계 수명점에 기초하여 적절히 선택될 수 있다.

[114] 예를 들어, 한계 수명점에서의 절연유의 흡광율, 반사율 또는 굴절률과 아직 절연에 사용되지 않은 절연유의 흡광율, 반사율 또는 굴절률의 각각의 차이값을 설정값으로 할 수 있다. 상기 설정값은 현재의 변압기(10)가 아닌 다른 변압기(10)에서 이미 도출된 한계 수명점에 기초하여 정해질 수 있다.

[115] 이때, 제1광특성과 제2광특성의 흡광율, 반사율 또는 굴절률 중 적어도 하나의 차이값이 상기 설정값을 벗어난 경우에, 연산부(20)는 현재의 변압기(10)가 사용 불가능한 것으로 판단할 수 있다.

[116] 실시예에서, 제1저장부(110)와 제2저장부(120) 각각에 저장된 메탄올의 광특성을 서로 비교함으로써, 제1저장부(110)에 저장된 메탄올의 중합도를 산출하지 않고서도, 용이하게 변압기(10)의 한계수명 도달여부를 판단할 수 있다.

[117] 도 2는 일 실시예에 따른 전체 파장에 대한 메탄올의 흡광도를 나타낸 그래프이다. 도 3은 도 2의 그래프에서 특정 파장 영역의 그래프를 확대한

도면이다.

- [118] 도 2를 참조하면 그래프에서 가로축은 빛의 파장(nm)(200)을 나타내고 세로축은 흡광도(210)를 나타낸다. 빛의 파장(200)은 길이에 따라 서로 다른 영역으로 구분된다. 빛의 서로 다른 영역은 예를 들어, 감마선, X선, 자외선(100nm 내지 380nm), 가시 광선(380nm 내지 780nm), 적외선(780nm 내지 1000nm), 초음파, 전파 등으로 구분될 수 있고, 각각의 영역은 서로 다른 특성을 갖는다.
- [119] 이때, 도 2에 도시된 바와 같이 특정 구간에서는 노이즈(220, 221, 222, 223)가 발생하므로 흡광도를 측정할 수 없고, 그래프의 경사가 매우 완만한 구간(230)에서는 메탄올의 함량을 확인하기 어렵다.
- [120] 결국, 노이즈가 발생하지 않고 경사가 존재하는 제1 구간(240), 제2 구간(242) 및 제3 구간(244)에서 메탄올의 함량을 측정할 수 있다. 그러나, 흡광도가 낮을수록 메탄올의 함량을 측정할 때 노이즈 구별이 어려워 정밀한 기술이 요구되고 이에 따라 많은 비용이 소요된다.
- [121] 다시 도 2를 참조하면, 제1 구간(240)은 제2 구간(242) 및 제3 구간(244)보다 흡광도가 크므로 메탄올 함량의 측정이 유리하다. 즉, 제1 구간(240)은 자외선 영역의 파장으로써 2 이상의 높은 흡광도를 갖는 반면, 제2 구간(242) 및 제3 구간(244)은 자외선 영역 이외의 파장으로써 1 이하의 낮은 흡광도를 갖는다. 따라서, 메탄올 함량 분석부(21)가 제1 구간(240)에서 메탄올의 함량을 산출하는 경우 측정 비용을 절감하고 경제성을 향상시킬 수 있다.
- [122] 한편, 센서 모듈(11)은 미리 정해진 특정 파장의 빛을 절연유에 조사할 수 있다. 구체적으로 제1 구간(240)을 확대한 도 3을 참조하면, 곡선의 그래프는 절연유에 포함된 메탄올의 함량에 따라 달라진다.
- [123] 즉, 그래프 E는 메탄올이 존재하지 않는(절연지의 열화가 진행되지 않은) 순수한 절연유의 그래프를 의미하고, 그래프 A 내지 그래프 D는 메탄올을 포함하는(절연지의 열화가 진행된) 절연유의 그래프이다.
- [124] 구체적으로 그래프 D에서 그래프 A로 갈수록 메탄올의 함량은 높다. 예를 들어, 그래프 D는 3.35ppm, 그래프 C는 4.4ppm, 그래프 B는 32.7ppm, 그래프 A는 135ppm의 메탄올의 함량을 각각 나타낼 수 있다.
- [125] 또한, 메탄올 함량이 높을수록 낮은 흡광율을 보이므로 그래프 E보다 높은 흡광도가 측정되는 경우 노이즈로 판단될 수 있다.
- [126] 한편, 제1 구간(240)은 제1 경사 구간(331), 제2 경사 구간(332) 및 제3 경사 구간(333)으로 구분될 수 있다. 제1 경사 구간(331), 제2 경사 구간(332) 및 제3 경사 구간(333) 각각은 서로 다른 경사를 가지므로 경사 각도에 따라 구간이 구분될 수 있다.
- [127] 여기서 제1 경사 구간(331)은 그래프 A 내지 그래프 E의 분포가 고르게 배치되지 않고, 그래프 E를 벗어난 그래프가 존재하므로 노이즈가 발생한다. 따라서, 흡광도에 따른 메탄올 함량의 산출 및 변압기(10)의 정확한 수명 평가가

어렵다.

[128] 또한, 제3 경사 구간(333)은 불규칙한 간격의 그래프 분포를 가질 뿐만 아니라 흡광도가 2 이하로 떨어진다. 따라서, 메탄올 함량의 정밀한 측정이 어렵다.

[129] 그러나, 제2 경사 구간(332)은 일정한 간격의 그래프 분포를 가지면서 2 이상의 흡광도를 갖는다. 따라서, 제2 경사 구간(332)에서는 흡광도의 차이에 따른 메탄올 함량이 정밀하게 산출될 수 있다.

[130] 제2 경사 구간(332)의 파장 대역은 317nm 내지 328nm일 수 있다. 따라서, 센서 모듈(11)의 발광부(130)에서 발광하는 빛의 특정 파장은 317nm 내지 328nm 범위의 대역을 가지는 파장일 수 있다.

[131] 그러나 제2 경사 구간(332)은 이에 한정되지 않고 일정한 간격의 그래프 분포를 가지면서 2 이상의 흡광도를 갖는 특징을 가진 특정 파장 영역 모두를 포함할 수 있다. 메탄올 함량 분석부(21)는 제2 경사 구간(332)의 흡광도를 분석하여 메탄올 함량을 산출할 수 있다.

[132] 도 4는 일 실시예에 따른 열화시간에 따른 중합도와 절연유의 메탄올 함량 변화를 나타낸 그래프이다.

[133] 도면을 참조하면, 가로축은 열화 시간(h)(400)이고 세로축은 중합도(410)를 나타내고, 도면에 표시된 원은 절연유에 포함된 메탄올 함량을 나타낸다. 열화 시간(400)이 길수록 절연지에 열화에 따른 절연유의 메탄올 함량이 늘어나므로 원의 지름은 커지게 된다.

[134] 예를 들어, 열화 시간이 3500h일 때의 원의 지름(432)은 열화 시간이 1000h일 때의 원의 지름(430)보다 크다. 즉, 절연유에 포함된 메탄올 함량은 열화 시간(400)과 비례한다.

[135] 한편, 중합도 산출부(22)는 하기의 [수학식 1]을 통해 메탄올 함량으로부터 중합도(410)를 산출할 수 있다.

[136] [수학식 1]

[137]

$$DP = \exp \left[\frac{a - \ln(\text{MeOH}_{\text{ppm}})}{b} \right]$$

[138] (여기서 DP: 중합도, MeOH: 메탄올 함량, a: 제1 기준값, b: 제2 기준값)

[139] 여기서 제1 기준값은 제1 기준값의 하한값인 56.55와 제1 기준값의 상한값인 73.5 사이의 임의의 값일 수 있고, 제2 기준값은 제2 기준값의 하한값인 8.5와 제2 기준값의 상한값인 11.15 사이의 임의의 값일 수 있다.

[140] 다시 도 4를 참조하면, 상기 [수학식 1]을 통해 산출된 메탄올 함량에 따른 중합도를 확인할 수 있다. 원의 지름이 클 때(432)의 중합도는 650 내지 700으로 원의 지름이 작을 때(430)의 중합도 400 내지 500 보다 크다. 즉, 메탄올 함량이 클수록 중합도는 감소한다.

[141] 다시 말해, 절연지의 열화가 진행될수록 절연유에 포함된 메탄올의 중합도가

감소하므로, 수명 평가부(23)는 산출된 중합도를 통해 절연지의 수명 즉, 변압기(10)의 수명을 평가할 수 있다.

- [142] 실시예에서 수명 평가부(23)는 한계 수명점을 미리 설정할 수 있다. 한계 수명점은 변압기(10)가 사용 불가능한 것으로 판단하는 최소 중합도로 예를 들어, 중합도 400일 수 있다(420). 따라서, 수명 평가부(23)는 중합도 400을 기준으로 변압기(10)의 수명을 평가할 수 있고, 산출된 중합도가 400 이하이면 변압기(10)의 수명이 다하여 더이상 사용 불가능한 것으로 평가할 수 있다.
- [143] 도 5는 일 실시예에 따른 변압기(10) 수명 평가 방법을 나타낸 순서도이다. 실시예에 따른 변압기(10) 수명 평가 방법은 전술한 변압기(10) 수명 평가 장치를 이용하여 진행될 수 있다.
- [144] 상기 발광부(130)가 상기 제1저장부(110)와 상기 제2저장부(120)에 저장된 절연유에 특정 파장의 빛을 조사할 수 있다(S510). 발광부(130)에서 조사된 빛은 제1저장부(110)와 제2저장부(120)를 통과할 수 있다. 수광부(140)는 상기 제1저장부(110)와 상기 제2저장부(120) 각각에 저장된 메탄올의 광특성을 수신할 수 있다.
- [145] 상기 수광부(140)가 상기 제1저장부(110)와 상기 제2저장부(120) 각각에 저장된 메탄올의 광특성에 대한 정보를 상기 연산부(20)로 전송할 수 있다(S520).
- [146] 상기 연산부(20)가 상기 제1저장부(110)와 상기 제2저장부(120) 각각에 저장된 메탄올의 상기 광특성을 서로 비교할 수 있다(S530). S530단계에서, 상기 연산부(20)는 각각의 상기 광특성의 차이값이 설정된 범위를 초과하면 변압기(10)가 사용 불가능한 것으로 판단할 수 있다.
- [147] 상기 연산부(20)가 상기 제1저장부(110)에 저장된 절연유에 포함된 메탄올의 함량을 산출할 수 있다(S540).
- [148] 상기 연산부(20)가 상기 제1저장부(110)의 메탄올 함량에 기초하여 상기 변압기(10)에 구비되는 절연지의 중합도를 산출할 수 있다(S550).
- [149] 상기 연산부(20)가 산출된 중합도에 기초하여 상기 변압기(10)의 수명을 평가할 수 있다(S560). S560단계에서, 상기 산출된 중합도가 설정된 한계 수명점 이하인 경우, 연산부(20)는 상기 변압기(10)가 사용 불가능한 것으로 판단할 수 있다. 이때, 설정된 한계 수명점은, 전술한 바와 같이, 예를 들어 산출된 중합도가 400인 경우일 수 있다.
- [150]
- [151] <제2실시예>
- [152] 도 6은 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 장치와 변압기의 블록도이다.
- [153] 변압기(1600)는 유도성 전기 전도체를 통해 두 개 이상의 회로 사이에서 전기 에너지를 전달하며 전압을 승압 또는 강압시키는 장치이다. 본 명세서에서 변압기(1600)는 변압기 내부의 철심에 감은 코일을 절연유로 절연한 유입 변압기일 수 있다. 이하에서 변압기(1600)는 유입 변압기임을 전제하여

설명한다.

[154] 도면을 참조하면 변압기(1600)는 절연유(1620) 및 절연지(1640)를 포함한다.

[155] 절연유(1620) 및 절연지(1640)는 변압기(1600) 내부에 수용되며 변압기(1600)로부터 발생하는 감전 사고를 방지하기 위해 전기 절연 기능을 수행한다. 절연지(1640)는 예를 들어, 셀룰로오스 절연지일 수 있고, 절연유(1620)는 광유, 합성유, PCB(Poly Chlorinated Biphenyl), 혼합유, 알킬 벤젠일 수 있다. 그러나 이에 한정되는 것은 아니다.

[156] 한편, 절연지(1640)는 변압기(1600)의 운전 연수가 증가됨에 따라 열화가 발생한다. 구체적으로, 변압기(1600)의 운용에 따라 변압기 내부의 온도가 상승하므로 절연지(1620)는 온도 스트레스를 받게 된다. 절연지(1620)가 온도 스트레스를 받게 되면 열에너지에 의해 분해되는 과정에서 2차 화합물인 메탄올을 생성하게 되고, 생성된 메탄올은 변압기 내부의 절연유(1620)에 녹아 들어간다. 따라서, 변압기(1600)의 운전 연수가 많을 수록 변압기(1600)의 절연유(1620)에는 메탄올의 함량이 누적되어 높아 진다.

[157] 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 장치(1000)는 변압기의 수명을 평가하는 장치로써, 센서 모듈(1100), 메탄올 함량 분석부(1200), 중합도 산출부(1300) 및 수명 평가부(1400)를 포함할 수 있다.

[158] 센서 모듈(1100)은 발광부 및 수광(측광)부를 포함한다. 즉, 센서 모듈(1100)은 발광부를 통해 절연유(1620)에 빛을 직접 제공하거나 수광(측광)부를 통해 변압기 내부의 별도의 발광 소자로부터 제공된 빛을 수신한다.

[159] 센서 모듈(1100)은 예를 들어 광센서, 화학적 센서 또는 전기적 센서일 수 있다. 그러나, 광센서는 주변환경의 영향을 적게 받는 바, 이하에서 센서 모듈(1100)은 광센서임을 전제로 하여 설명한다.

[160] 도면에서 센서 모듈(1100)은 변압기 수명 평가 장치(1000) 내부에 도시되어 있으나, 구체적으로 센서 모듈(1100)은 변압기의 내부에 배치되어 절연유(1620)에 빛을 제공하거나 별도의 발광 소자로부터 제공된 빛을 수신할 수 있다.

[161] 한편, 메탄올은 빛의 파장 대역에 따라서 서로 다른 광특성을 갖는다. 여기서 광특성은 흡광율, 반사율 또는 굴절률을 의미한다. 구체적으로 흡광율은 메탄올이 빛을 흡수하는 정도이고, 반사율은 메탄올이 빛을 반사하는 정도이며 굴절률은 메탄올에 빛이 통과할 때 경계면에서 빛이 꺾이는 정도를 의미한다. 동일한 파장 대역에서 메탄올의 광특성 즉, 흡광율, 반사율, 굴절률은 모두 유사한 특성을 갖는다.

[162] 센서 모듈(1100)은 미리 정해진 특정 파장의 빛을 절연유에 제공하거나 미리 정해진 특정 파장의 빛을 수신할 수 있다. 즉, 센서 모듈(1100)은 발광부를 통해 미리 정해진 특정 파장의 빛을 생성하여 방출하거나 별도의 발광 소자에서 생성된 빛으로부터 미리 정해진 특정 파장의 빛을 수광(측광)부를 통해 흡수할 수 있다.

- [163] 미리 정해진 특정 파장은 메탄올의 광특성이 명확하게 구분되는 파장 대역으로 예를 들어, 317nm 보다 같거나 크고 328nm 보다 같거나 작을 수 있다. 미리 정해진 특정 파장 대역에 대해서는 후술하여 상세히 설명한다.
- [164] 메탄올 함량 분석부(1200)는 제공된 빛에 기초하여 변압기(1600)의 절연유(1620)에 포함된 메탄올의 함량을 산출한다. 구체적으로 메탄올 함량 분석부(1200)는 센서 모듈(1100)에 의해 제공된 빛에 기초하여 메탄올의 광특성에 따른 흡광도를 획득하고, 획득한 흡광도에 기초하여 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출한다.
- [165] 흡광도는 메탄올에 빛을 비추었을 때 투과하는 복사량에 대한 발산한 복사량 비율의 로그값을 의미한다. 다시 말해, 흡광도는 메탄올이 특정 파장의 빛을 흡수하는 정도를 나타내며 메탄올의 광특성인 흡광율에 비례한다. 따라서 메탄올이 흡수하는 빛의 양이 많을수록 흡광도는 커지고, 흡수하는 빛의 양이 적을수록 흡광도는 작아진다.
- [166] 또한, 흡광도가 크면 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량이 많고, 흡광도가 작으면 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량이 적다. 이에 따라 메탄올 함량 분석부(1200)는 획득한 흡광도에 기초하여 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출한다.
- [167] 중합도 산출부(1300)는 획득한 메탄올 함량을 통해 중합도를 산출한다. 여기서 중합도는 절연지(1640)의 건전도 즉, 절연지(1640)의 열화 정도가 어느 정도 진행되었는지를 의미한다. 따라서, 열화가 진행될 수록 중합도가 낮고, 절연지(1640)의 기계적 수명이 줄어들게 된다.
- [168] 구체적으로 중합도는 하기의 메탄올 함량과 절연지(1640)의 중합도에 관한 [수학식 1]을 통해 산출될 수 있다.

[169]

[170] [수학식 1]

[171]

$$DP = \exp \left[\frac{a - \ln(\text{MeOH}_{\text{ppm}})}{b} \right]$$

[172] (DP: 중합도, MeOH: 메탄올 함량, a: 제1 기준값, b: 제2 기준값)

[173] 여기서 제1 기준값은 제1 기준값의 하한값인 56.55와 제1 기준값의 상한값인 73.5 사이의 임의의 값일 수 있고, 제2 기준값은 제2 기준값의 하한값인 8.5와 제2 기준값의 상한값인 11.15 사이의 임의의 값일 수 있다.

[174] 수명 평가부(1400)는 산출된 중합도에 기초하여 변압기(1600)의 수명을 평가한다. 구체적으로 수명 평가부(1400)는 변압기(1600)의 한계 수명점을 미리 설정할 수 있다. 한계 수명점은 예를 들어 400일 수 있다.

[175] 수명 평가부(1400)는 산출된 중합도와 미리 설정된 한계 수명점을 비교하고, 산출된 중합도가 미리 설정된 한계 수명점 이하인 경우 변압기(1600)가 사용

불가능한 것으로 판단할 수 있다.

- [176] 또한, 수명 평가부(1400)는 산출된 중합도와 미리 설정된 한계 수명점을 비교하고, 산출된 중합도가 미리 설정된 한계 수명점보다 큰 경우 한계 수명점과 산출된 중합도 차이 값의 크기에 따라 변압기의 남은 수명을 평가할 수 있다.
- [177] 도 7은 본 명세서의 일 실시예에서 전체 파장에 대한 메탄올을 포함한 절연유의 흡광도를 나타낸 그래프이고, 도 8은 도 7의 그래프에서 특정 파장 영역의 그래프를 확대한 도면이다. 이하, 도 7 및 도 8을 참조하여 그래프를 설명한다.
- [178] 도 7을 참조하면 그래프에서 가로축은 빛의 파장(nm)(2000)을 나타내고 세로축은 흡광도(2100)를 나타낸다. 빛의 파장(2000)은 길이에 따라 서로 다른 영역으로 구분된다. 빛의 서로 다른 영역은 예를 들어, 감마선, X선, 자외선(100nm 내지 380nm), 가시 광선(380nm 내지 780nm), 적외선(780nm 내지 1000nm), 초음파, 전파 등으로 구분될 수 있고, 각각의 영역은 서로 다른 특성을 갖는다.
- [179] 이때, 도 7에 도시된 바와 같이 특정 구간에서는 노이즈(2200, 2210, 2220, 2230)2230 발생하므로 흡광도를 측정할 수 없고, 그래프의 경사가 매우 완만한 구간(2300)에서는 메탄올의 함량을 확인하기 어렵다.
- [180] 결국, 노이즈가 발생하지 않고 경사가 존재하는 제1 구간(2400), 제2 구간(2420) 및 제3 구간(2440)에서 메탄올의 함량을 측정할 수 있다. 그러나, 흡광도가 낮을수록 메탄올의 함량을 측정할 때 노이즈 구별이 어려워 정밀한 기술이 요구되고 이에 따라 많은 비용이 소요된다.
- [181] 다시 도 7을 참조하면, 제1 구간(2400)은 제2 구간(2420) 및 제3 구간(2440)보다 흡광도가 크므로 메탄올 함량의 측정이 유리하다. 즉, 제1 구간(2400)은 자외선 영역의 파장으로써 2 이상의 높은 흡광도를 갖는 반면, 제2 구간(2420) 및 제3 구간(2440)은 자외선 영역 이외의 파장으로써 1 이하의 낮은 흡광도를 갖는다. 따라서, 메탄올 함량 분석부(1200)가 제1 구간(2400)에서 메탄올의 함량을 산출하는 경우 측정 비용을 절감하고 경제성을 향상시킬 수 있다.
- [182] 한편, 센서 모듈(1100)은 미리 정해진 특정 파장의 빛을 절연유에 제공할 수 있다. 구체적으로 제1 구간(2400)을 확대한 도 8을 참조하면, 곡선의 그래프는 절연유에 포함된 메탄올의 함량에 따라 달라진다. 즉, 그래프 E는 메탄올이 존재하지 않는(절연지의 열화가 진행되지 않은) 순수한 절연유(1620)의 그래프를 의미하고, 그래프 A 내지 그래프 D는 메탄올을 포함하는(절연지의 열화가 진행된) 절연유의 그래프이다.
- [183] 구체적으로 그래프 D에서 그래프 A로 갈수록 메탄올의 함량은 높다. 예를 들어, 그래프 D는 3.35ppm, 그래프 C는 4.4ppm, 그래프 B는 32.7ppm, 그래프 A는 135ppm의 메탄올의 함량을 각각 나타낼 수 있다.
- [184] 또한, 메탄올 함량이 높을수록 낮은 흡광도를 보이므로 그래프 E보다 높은 흡광도가 측정되는 경우 노이즈로 판단될 수 있다.
- [185] 한편, 제1 구간(2400)은 제1 경사 구간(3310), 제2 경사 구간(3320) 및 제3 경사

구간(3330)으로 구분될 수 있다. 상게하게, 제1 경사 구간(3310), 제2 경사 구간(3320) 및 제3 경사 구간(3330) 각각은 서로 다른 경사를 가지므로 경사 각도에 따라 구간이 구분될 수 있다.

[186] 여기서 제1 경사 구간(3310)은 그래프 A 내지 그래프 E의 분포가 고르게 배치되지 않고, 그래프 E를 벗어난 그래프가 존재하므로 노이즈가 발생한다. 따라서, 흡광도에 따른 메탄올 함량의 산출 및 변압기의 정확한 수명 평가가 어렵다.

[187] 또한, 제3 경사 구간(3330)은 불규칙한 간격의 그래프 분포를 가질 뿐만 아니라 흡광도가 2 이하로 떨어진다. 따라서, 메탄올 함량의 정밀한 측정이 어렵다.

[188] 그러나, 제2 경사 구간(3320)은 일정한 간격의 그래프 분포를 가지면서 2 이상의 흡광도를 갖는다. 따라서, 제2 경사 구간(3320)에서는 흡광도의 차이에 따른 메탄올 함량이 정밀하게 산출될 수 있다.

[189] 제2 경사 구간(3320)의 파장 대역은 317nm 내지 328nm일 수 있다. 따라서, 본 명세서의 일 실시예에서 센서 모듈(1100)의 미리 정해진 특정 파장은 317nm 보다 같거나 크고 328nm보다 같거나 작을 수 있다. 그러나 제2 경사 구간(3320)은 이에 한정되지 않고 일정한 간격의 그래프 분포를 가지면서 2 이상의 흡광도를 갖는 특징을 가진 특정 파장 영역 모두를 포함할 수 있다. 메탄올 함량 분석부(1200)는 제2 경사 구간(3320)의 흡광도를 분석하여 메탄올 함량을 산출할 수 있다.

[190] 도 9는 본 명세서의 일 실시예에서 열화시간에 따른 중합도와 절연유의 메탄올 함량 변화를 나타낸 그래프이다.

[191] 도면을 참조하면, 가로축은 열화 시간(h)(4000)이고 세로축은 중합도(4100)를 나타내고, 도면에 표시된 원은 절연유에 포함된 메탄올 함량을 나타낸다. 열화 시간(4000)이 길수록 절연지(1640)에 열화에 따른 절연유(1620)의 메탄올 함량이 늘어나므로 원의 지름은 커지게 된다. 예를 들어, 열화 시간이 3500h일 때의 원의 지름(4320)은 열화 시간이 1000h일 때의 원의 지름(430)보다 크다. 즉, 절연유에 포함된 메탄올 함량은 열화 시간(4000)과 비례한다.

[192] 한편, 중합도 산출부(1300)는 하기의 [수학식 1]을 통해 메탄올 함량으로부터 중합도(4100)를 산출할 수 있다.

[193]

[194] [수학식 1]

[195]

$$DP = \exp \left[\frac{a - \ln(\text{MeOH}_{\text{ppm}})}{b} \right]$$

[196] (여기서 DP: 중합도, MeOH: 메탄올 함량, a: 제1 기준값, b: 제2 기준값)

[197] 여기서 제1 기준값은 제1 기준값의 하한값인 56.55와 제1 기준값의 상한값인 73.5 사이의 임의의 값일 수 있고, 제2 기준값은 제2 기준값의 하한값인 8.5와 제2 기준값의 상한값인 11.15 사이의 임의의 값일 수 있다.

- [198] 다시 도 9를 참조하면, 상기 [수학식 1]을 통해 산출된 메탄올 함량에 따른 중합도를 확인할 수 있다. 원의 지름이 클 때(4320)의 중합도는 650 내지 700으로 원의 지름이 작을 때(430)의 중합도 400 내지 500 보다 크다. 즉, 메탄올 함량이 클수록 중합도는 감소한다.
- [199] 다시 말해, 절연지의 열화가 진행될수록 중합도가 감소하므로 수명 평가부(150)는 산출된 중합도를 통해 절연지의 수명 즉, 변압기의 수명을 평가할 수 있다.
- [200] 본 명세서의 일 실시예에서 수명 평가부(150)는 한계 수명점을 미리 설정할 수 있다. 한계 수명점은 변압기가 사용 불가능한 것으로 판단하는 최소 중합도로 예를 들어, 중합도 400일 수 있다(4200). 따라서, 수명 평가부(150)는 중합도 400을 기준으로 변압기의 수명을 평가할 수 있고, 산출된 중합도가 400 이하이면 변압기의 수명이 다하여 더이상 사용 불가능한 것으로 평가할 수 있다.
- [201] 도 10은 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 방법의 순서도이다.
- [202] 도면을 참조하면, 변압기 수명 평가 장치(1000)는 미리 정해진 특정 파장의 빛을 절연유에 제공하거나 미리 정해진 특정 파장의 빛을 수신한다(S5000). 절연유에 포함된 메탄올은 흡광율, 반사율, 굴절률을 포함하는 광특성을 가지며, 메탄올의 광특성은 메탄올의 함량에 따라 달라진다.
- [203] 따라서 변압기 수명 평가 장치(1000)는 제공한 빛에 기초하여 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출한다(S5100). 구체적으로 변압기 수명 평가 장치(1000)는 제공한 빛에 기초하여 메탄올의 광특성에 따른 흡광도를 획득하고, 획득한 흡광도에 기초하여 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 획득한다.
- [204] 이후, 변압기 수명 평가 장치(1000)는 획득한 메탄올 함량을 통해 중합도를 산출한다(S5200). 구체적으로 중합도는 상술한 바와 같이 메탄올 함량과의 [수학식 1]을 통해 산출될 수 있다.
- [205] 중합도가 산출되면 변압기 수명 평가 장치(1000)는 산출된 중합도에 기초하여 변압기의 수명을 평가한다(S5300). 변압기 수명 평가 장치(1000)는 한계 수명점을 미리 설정할 수 있고, 산출된 중합도가 미리 정해진 한계 수명점 이하인 경우 변압기가 사용 불가능한 것으로 판단할 수 있다. 여기서 한계 수명점은 예를 들어, 중합도 400일 수 있다.
- [206] 이와 같이 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 방법은 절연유에 포함된 메탄올과 절연지의 중합도 사이의 수학식 1을 통해 메탄올을 직접 채유하지 않고도 변압기의 수명을 평가할 수 있다.
- [207] 또한 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 방법은 특정 파장을 광원으로 사용하는 광센서를 통해 메탄올의 광특성을 산출하여 변압기의 수명을 정밀하게 평가할 수 있다.
- [208] 또한 본 명세서의 일 실시예에 따른 변압기 수명 평가 방법은 저비용이면서도 설치와 운용이 간편한 광센서를 이용하여 변압기의 수명을 효율적으로 평가하고 비용을 절감시킬 수 있다.

- [209] 이상과 같이 본 발명에 대해서 예시한 도면을 참조로 하여 설명하였으나, 본 명세서에 개시된 실시 예와 도면에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술사상의 범위 내에서 통상의 기술자에 의해 다양한 변형이 이루어질 수 있음은 자명하다. 아울러 앞서 본 발명의 실시 예를 설명하면서 본 발명의 구성에 따른 작용 효과를 명시적으로 기재하여 설명하지 않았을 지라도, 해당 구성에 의해 예측 가능한 효과 또한 인정되어야 함은 당연하다.

청구범위

- [청구항 1] 절연유에 포함된 메탄올의 광특성을 이용한 변압기 수명 평가 장치에 있어서,
 상기 변압기의 절연에 사용되는 절연유가 저장되는 제1저장부;
 상기 제1저장부와 분리되어 구비되고, 상기 변압기의 절연에 사용되지 않는 절연유가 저장되는 제2저장부;
 특정 파장의 빛을 발광하는 발광부;
 상기 발광부에서 발광된 빛을 수광하는 수광부;
 상기 발광부와 상기 수광부를 연결하고, 상기 발광부로부터 발광되어 상기 수광부로 수광되는 빛의 이동경로를 제공하고, 상기 제1저장부를 관통하도록 배치되는 제1광케이블;
 상기 발광부와 상기 수광부를 연결하고, 상기 발광부로부터 발광되어 상기 수광부로 수광되는 빛의 이동경로를 제공하고, 상기 제2저장부를 관통하도록 배치되는 제2광케이블; 및
 상기 수광부와 연결되고, 상기 수광부로부터 메탄올의 광특성에 대한 정보를 수신하는 연산부를 포함하는,
 변압기 수명 평가 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 수광부는,
 상기 제1저장부와 상기 제2저장부 각각에 저장된 절연유에 포함되는 메탄올의 광특성에 대한 정보를 상기 연산부로 전송하는,
 변압기 수명 평가 장치.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
 상기 광특성은 흡광율, 반사율 또는 굴절률 중 적어도 하나를 포함하는,
 변압기 수명 평가 장치.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
 상기 연산부는,
 특정 파장의 빛에 기초하여 상기 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출하는 메탄올 함량 분석부;
 산출된 메탄올 함량을 기초로 상기 변압기에 구비되는 절연지의 중합도를 산출하는 중합도 산출부; 및
 산출된 중합도에 기초하여 변압기의 수명을 평가하는 수명 평가부를 포함하는,
 변압기 수명 평가 장치.
- [청구항 5] 제4항에 있어서,
 상기 메탄올 함량 분석부는,

상기 수광부로부터 전송받은 메탄올의 흡광도를 기초로 변압기의
절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출하는,
변압기 수명 평가 장치.

[청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 특정 파장은,
317nm 내지 328nm 범위의 대역을 가지는 파장인,
변압기 수명 평가 장치.

[청구항 7] 제3항에 있어서,
상기 연산부는,
상기 제1저장부와 상기 제2저장부 각각에 저장된 메탄올의 상기
광특성을 서로 비교하고, 각각의 상기 광특성의 차이값이 설정된 범위를
초과하면 변압기가 사용 불가능한 것으로 판단하는,
변압기 수명 평가 장치.

[청구항 8] 제1항에 기재된 변압기 수명 평가 장치를 이용한 변압기 수명 평가
방법에 있어서,
상기 발광부가 상기 제1저장부와 상기 제2저장부에 저장된 절연유에
특정 파장의 빛을 조사하는 단계;
상기 수광부가 상기 제1저장부와 상기 제2저장부 각각에 저장된
메탄올의 광특성에 대한 정보를 상기 연산부로 전송하는 단계; 및
상기 연산부가 상기 제1저장부와 상기 제2저장부 각각에 저장된
메탄올의 상기 광특성을 서로 비교하는 단계;
를 포함하는,
변압기 수명 평가 방법.

[청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 연산부가 상기 제1저장부와 상기 제2저장부 각각에 저장된
메탄올의 상기 광특성을 서로 비교하는 경우,
상기 연산부는 각각의 상기 광특성의 차이값이 설정된 범위를 초과하면
변압기가 사용 불가능한 것으로 판단하는,
변압기 수명 평가 방법.

[청구항 10] 제8항에 있어서,
상기 연산부가 상기 제1저장부에 저장된 절연유에 포함된 메탄올의
함량을 산출하는 단계;
상기 연산부가 상기 제1저장부의 메탄올 함량에 기초하여 상기 변압기에
구비되는 절연지의 중합도를 산출하는 단계; 및
상기 연산부가 산출된 중합도에 기초하여 상기 변압기의 수명을
평가하는 단계
를 더 포함하는,
변압기 수명 평가 방법.

- [청구항 11] 제10항에 있어서,
상기 연산부가 산출된 중합도에 기초하여 상기 변압기의 수명을 평가하는 경우,
상기 산출된 중합도가 설정된 한계 수명점 이하인 경우, 상기 변압기가 사용 불가능한 것으로 판단하는,
변압기 수명 평가 방법.
- [청구항 12] 절연유에 포함된 메탄올의 광특성을 이용한 변압기 수명 평가 방법에 있어서,
미리 정해진 특정 파장의 빛을 상기 절연유에 제공하거나 미리 정해진 특정 파장의 빛을 수신하는 단계;
상기 특정 파장의 빛을 이용하여 상기 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 획득하는 단계;
상기 획득된 메탄올 함량을 통해 중합도를 산출하는 단계; 및
상기 산출된 중합도에 기초하여 상기 변압기의 수명을 평가하는 단계를 포함하는
변압기 수명 평가 방법.
- [청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 광특성은
흡광율, 반사율, 굴절률을 포함하는
변압기 수명 평가 방법.
- [청구항 14] 제12항에 있어서,
상기 특정 파장의 빛에 기초하여 상기 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출하는 단계는
상기 특정 파장의 빛에 기초하여 상기 메탄올의 광특성에 따른 흡광도를 획득하는 단계; 및
상기 획득한 흡광도에 기초하여 상기 변압기의 절연유에 포함된 메탄올 함량을 산출하는 단계를 포함하는
변압기 수명 평가 방법.
- [청구항 15] 제12항에 있어서,
상기 미리 정해진 특정 파장은
일정한 간격의 그래프 분포를 가지면서 특정 크기 이상의 흡광도를 갖는 구간의 파장 대역을 포함하는
변압기 수명 평가 방법.
- [청구항 16] 제15항에 있어서,
상기 일정한 간격의 그래프 분포를 가지면서 특정 크기 이상의 흡광도를 갖는 구간의 파장 대역은 317nm 보다 같거나 크고 328nm 보다 같거나 작은 변압기 수명 평가 방법.
- [청구항 17] 제12항에 있어서,

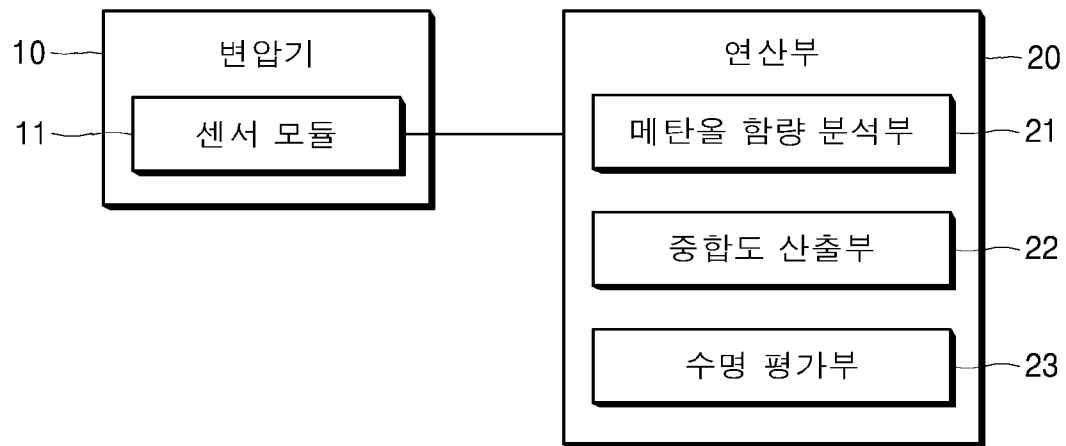
상기 획득한 메탄올 함량을 통해 중합도를 산출하는 단계는
 하기[수학식 1]을 통해 중합도를 산출하는
 변압기 수명 평가 방법.
 [수학식 1]

$$DP = \exp \left[\frac{a - \ln(\text{MeOH}_{\text{ppm}})}{b} \right]$$

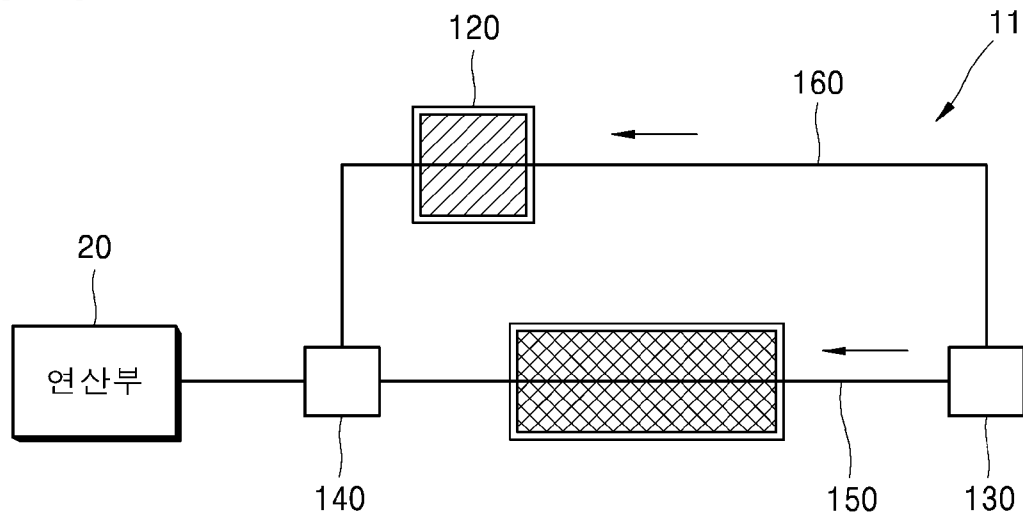
(DP: 중합도, MeOH: 메탄올 함량, a: 제1 기준값, b: 제2 기준값)

- [청구항 18] 제17항에 있어서,
 상기 제1 기준값은 제1 기준값의 하한값인 56.55와 제1 기준값의
 상한값인 73.5 사이의 임의의 값이고,
 상기 제2 기준값은 제2 기준값의 하한값인 8.5와 제2 기준값의 상한값인
 11.15 사이의 임의의 값인
 변압기 수명 평가 방법.
- [청구항 19] 제12항에 있어서,
 상기 산출된 중합도에 기초하여 상기 변압기의 수명을 평가하는 단계는
 상기 산출된 중합도가 미리 정해진 한계 수명점 이하인 경우 상기
 변압기가 사용 불가능한 것으로 판단하는 단계를 포함하는
 변압기 수명 평가 방법.
- [청구항 20] 제19항에 있어서,
 상기 한계 수명점은
 상기 중합도가 400 인
 변압기 수명 평가 방법.

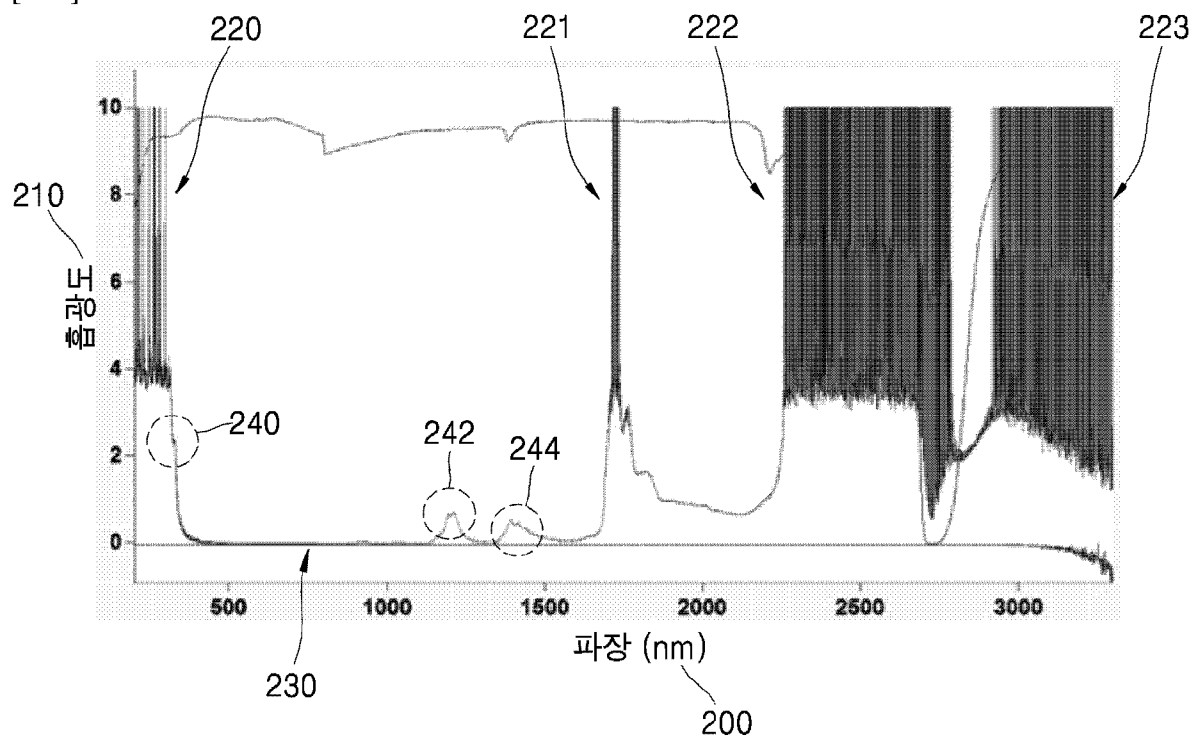
[도 1a]



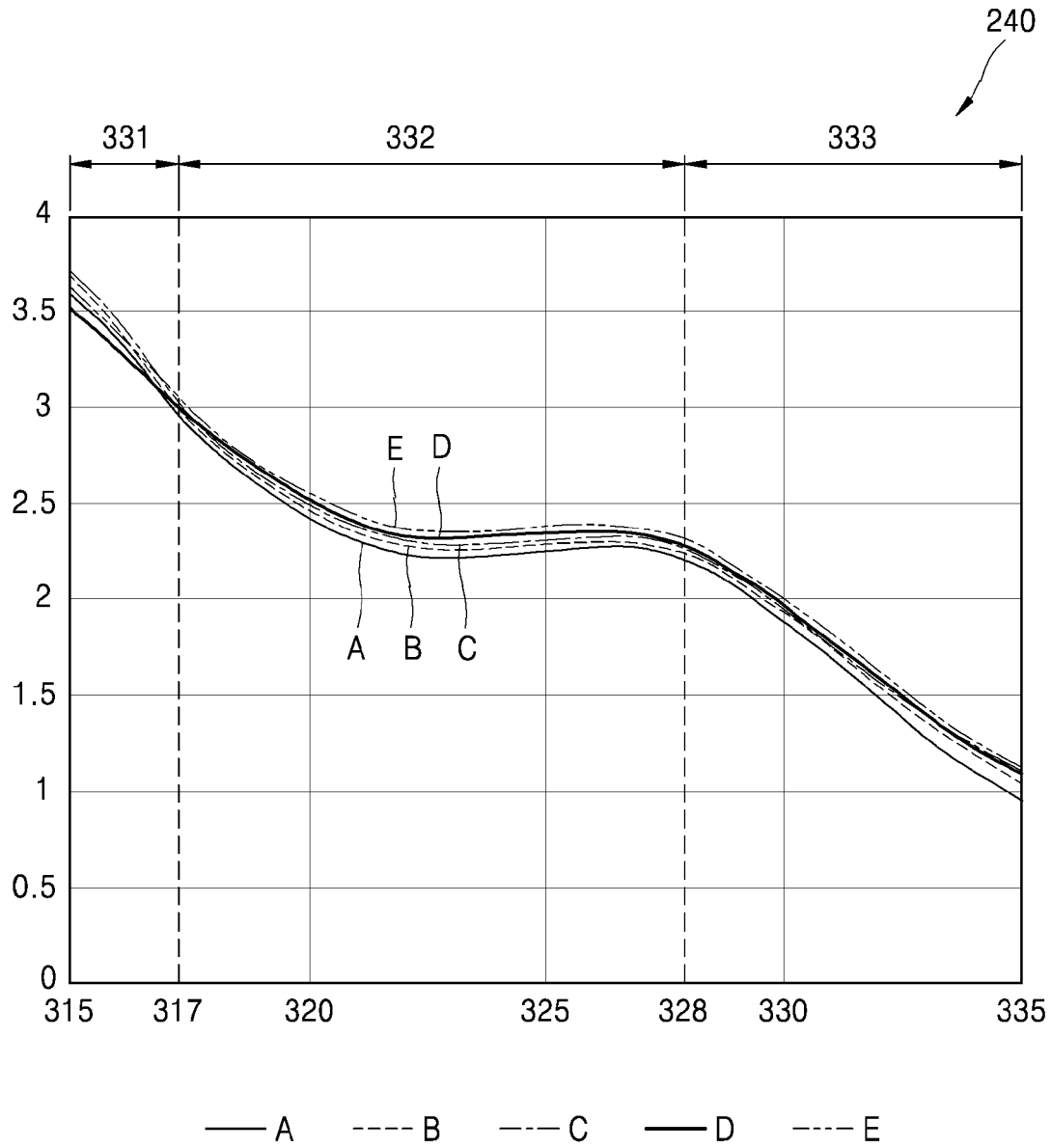
[도 1b]



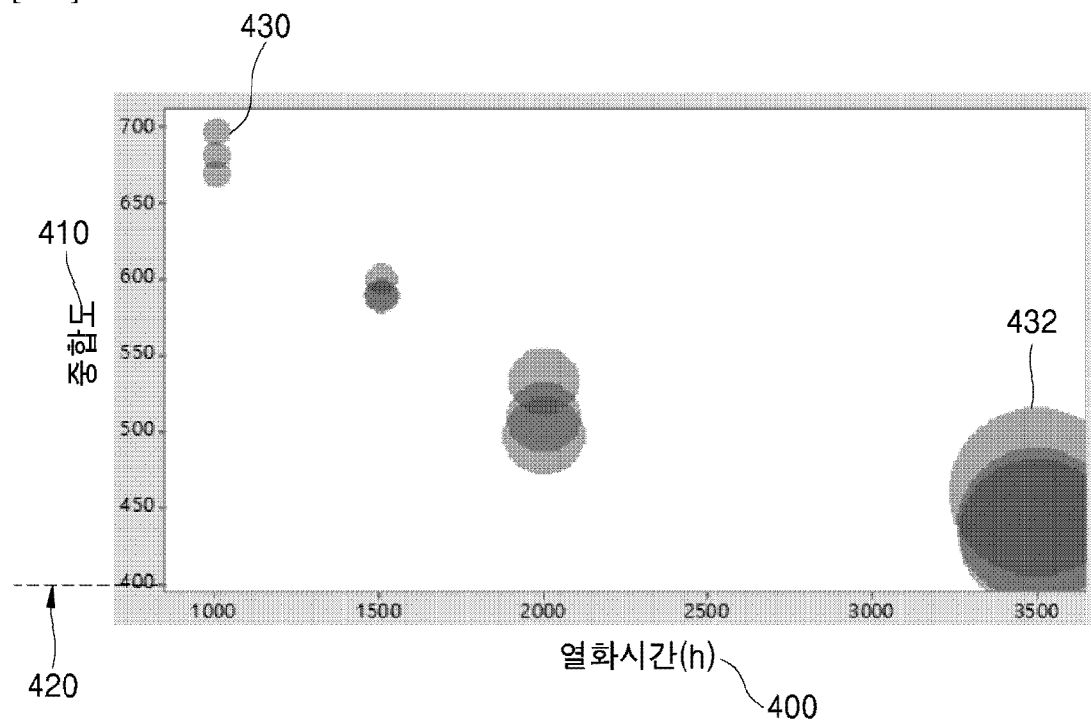
[도 2]



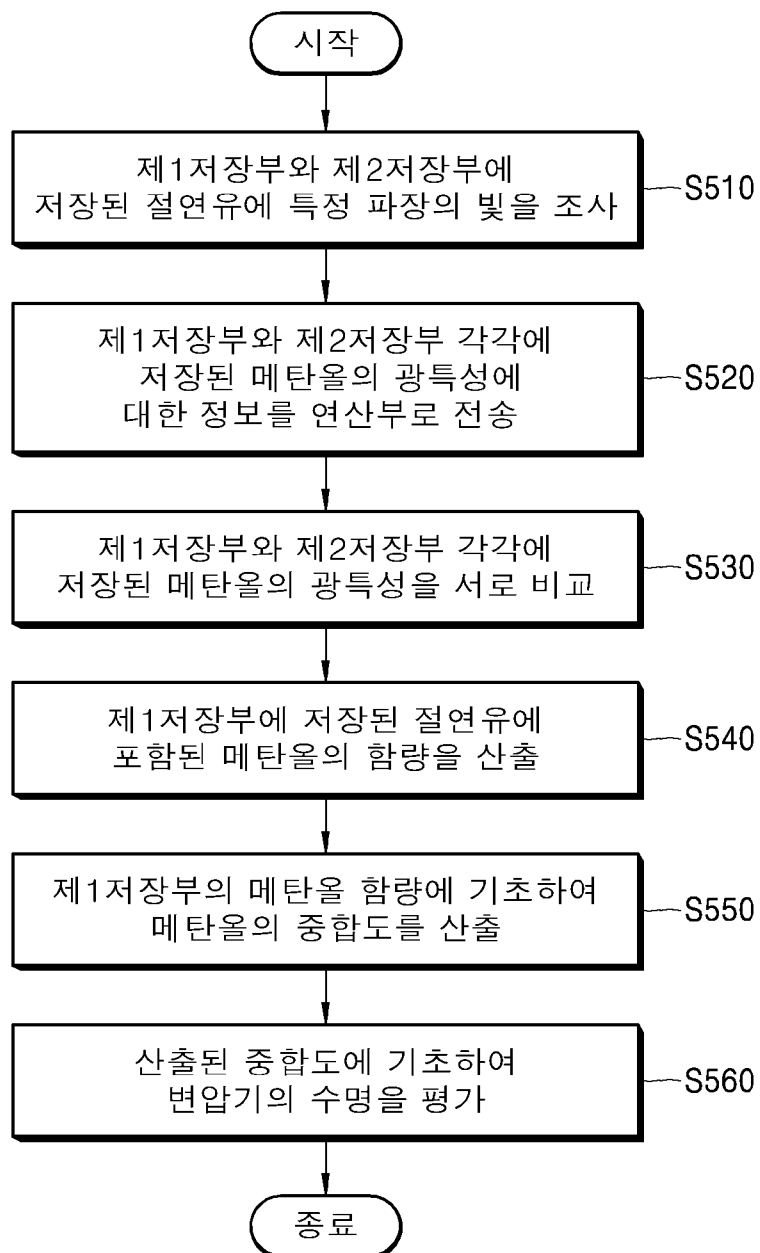
[도3]



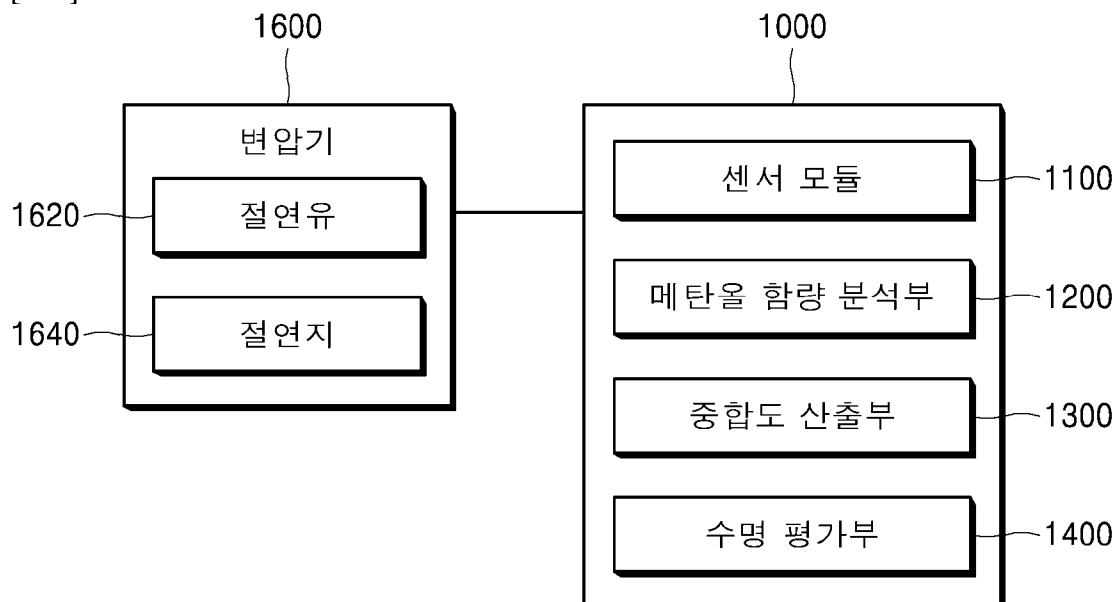
[도4]



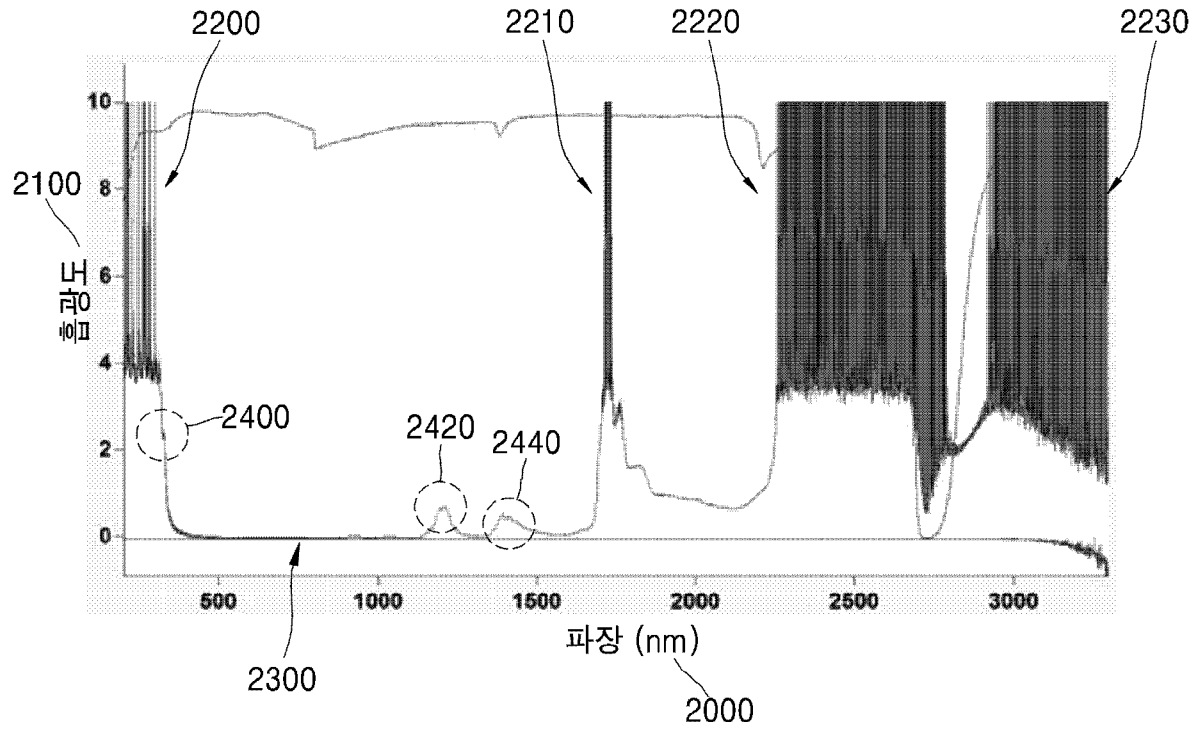
[도5]



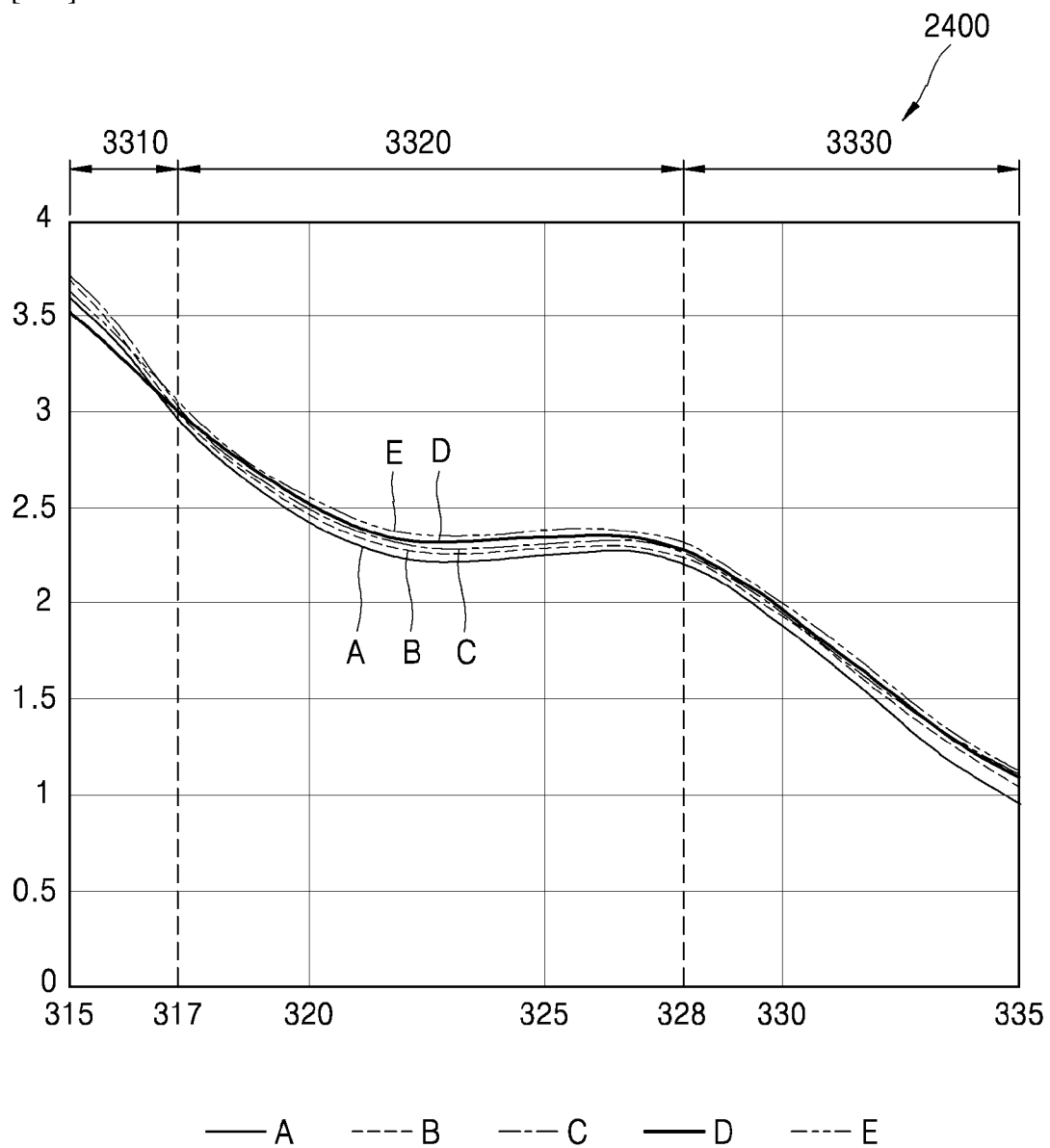
[도6]



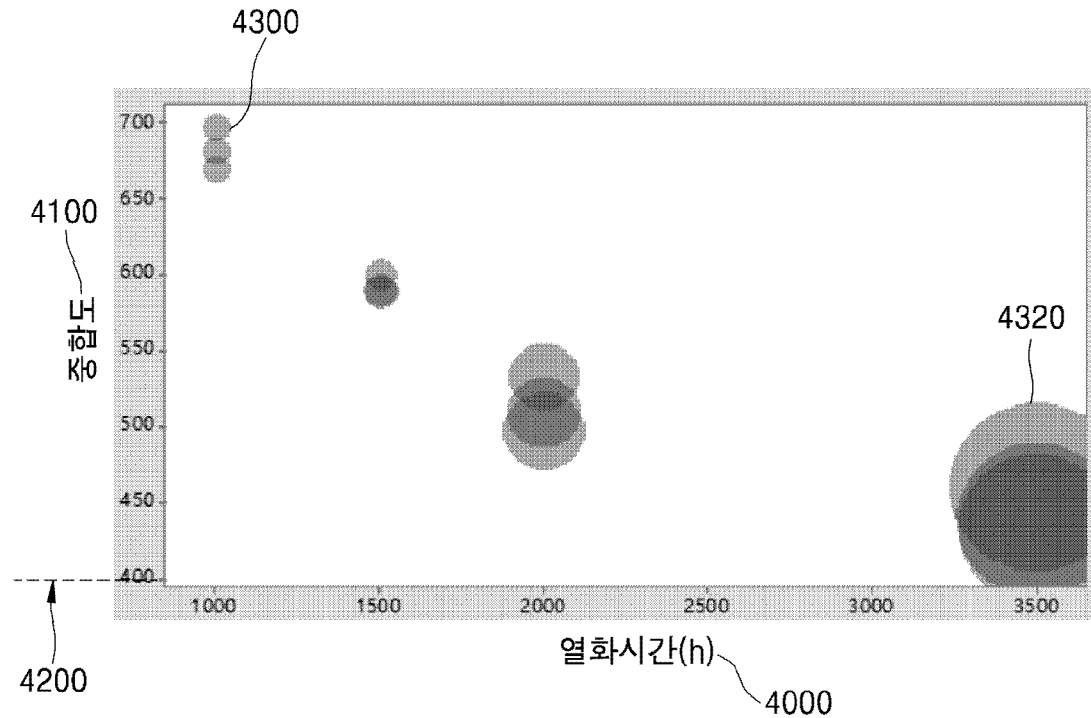
[도7]



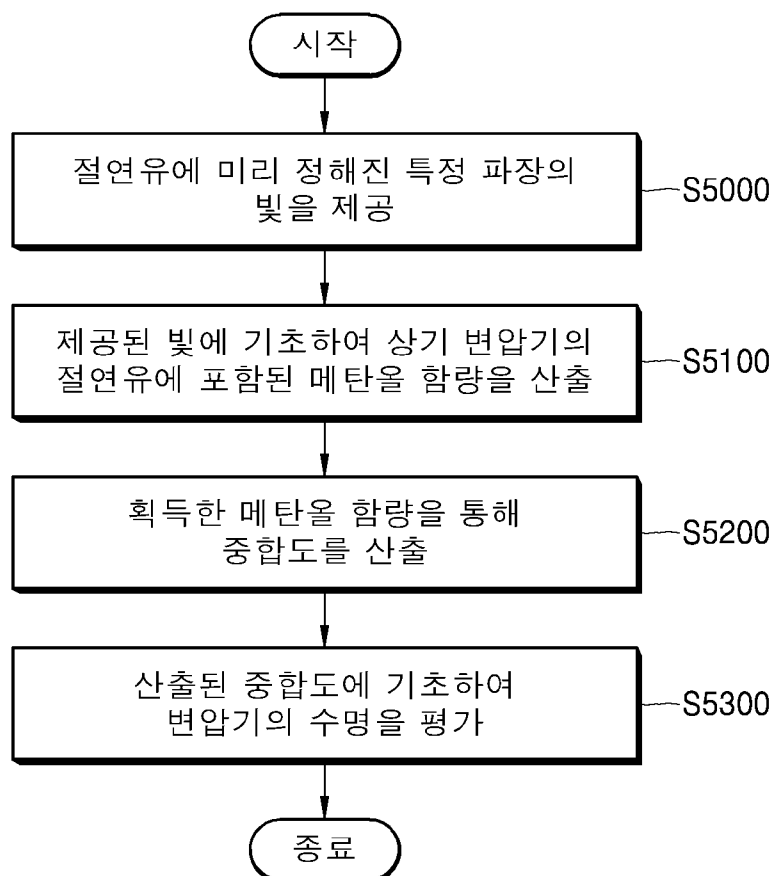
[도8]



[도9]



[도10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/019662

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01N 21/31(2006.01)i; G01N 21/41(2006.01)i; G01N 21/55(2006.01)i; H01F 27/40(2006.01)i; G01N 21/59(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) G01N 21/31(2006.01); G01D 21/02(2006.01); G01K 11/32(2006.01); G01N 21/39(2006.01); G01N 21/64(2006.01); G01N 33/26(2006.01); G01N 33/28(2006.01); H01F 27/12(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: 변압기(transformer), 수명(life), 평가(evaluation), 절연유(insulating oil), 메탄올(methanol), 저장부(storage unit), 발광부(light-transmitting unit), 수광부(light-receiving unit), 광케이블(optical cable), 파장(wavelength), 광특성(optical characteristic), 중합도(degree of polymerization)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-1681561 B1 (KOREA PHOTONICS TECHNOLOGY INSTITUTE) 01 December 2016 (2016-12-01) See paragraphs [0003], [0009] and [0021]-[0048] and figure 1.	12-20
A		1-11
Y	JP 6419406 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 07 November 2018 (2018-11-07) See abstract and paragraphs [0002] and [0035]-[0050].	12-20
A	KR 10-1291213 B1 (KOREA ELECTRICAL SAFETY CORPORATION) 31 July 2013 (2013-07-31) See paragraph [0072], claim 1 and figures 1 and 2.	1-20
A	JP 2018-165648 A (HITACHI LTD. et al.) 25 October 2018 (2018-10-25) See paragraphs [0008]-[0034] and figures 1-8.	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 13 April 2022		Date of mailing of the international search report 13 April 2022
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/019662

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2006-0038282 A (KOREA ELECTRIC POWER CORPORATION) 03 May 2006 (2006-05-03) See claims 1 and 2 and figures 1-3.	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2021/019662

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
KR	10-1681561	B1	01 December 2016	KR 10-2016-0137097	A	30 November 2016
JP	6419406	B1	07 November 2018	JP 2020-207680	A1	07 May 2020
				US 2021-0033570	A1	04 February 2021
				WO 2019-207680	A1	31 October 2019
KR	10-1291213	B1	31 July 2013	None		
JP	2018-165648	A	25 October 2018	JP 6807259	B2	06 January 2021
KR	10-2006-0038282	A	03 May 2006	None		

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G01N 21/31(2006.01)i; G01N 21/41(2006.01)i; G01N 21/55(2006.01)i; H01F 27/40(2006.01)i; G01N 21/59(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G01N 21/31(2006.01); G01D 21/02(2006.01); G01K 11/32(2006.01); G01N 21/39(2006.01); G01N 21/64(2006.01); G01N 33/26(2006.01); G01N 33/28(2006.01); H01F 27/12(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: 변압기(transformer), 수명(life), 평가(evaluation), 절연유(insulating oil), 메탄올(methanol), 저장부(storage unit), 발광부(light-transmitting unit), 수광부(light-receiving unit), 광케이블(optical cable), 파장(wavelength), 광특성(optical characteristic), 중합도(degree of polymerization)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-1681561 B1 (한국광기술원) 2016.12.01 단락 [0003], [0009], [0021]-[0048] 및 도면 1	12-20
A		1-11
Y	JP 6419406 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 2018.11.07 요약 및 단락 [0002], [0035]-[0050]	12-20
A	KR 10-1291213 B1 (한국 전기안전공사) 2013.07.31 단락 [0072], 청구항 1 및 도면 1, 2	1-20
A	JP 2018-165648 A (HITACHI LTD. et al.) 2018.10.25 단락 [0008]-[0034] 및 도면 1-8	1-20
A	KR 10-2006-0038282 A (한국전력공사) 2006.05.03 청구항 1, 2 및 도면 1-3	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 2022년04월13일(13.04.2022)		국제조사보고서 발송일 2022년04월13일(13.04.2022)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 이현길 전화번호 +82-42-481-8525

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1681561 B1	2016/12/01	KR 10-2016-0137097 A	2016/11/30
JP 6419406 B1	2018/11/07	JP 2020-207680 A1	2020/05/07
		US 2021-0033570 A1	2021/02/04
		WO 2019-207680 A1	2019/10/31
KR 10-1291213 B1	2013/07/31	없음	
JP 2018-165648 A	2018/10/25	JP 6807259 B2	2021/01/06
KR 10-2006-0038282 A	2006/05/03	없음	