

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 9 月 12 日(12.09.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/136269 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 7/16 (2006.01) *G01L 1/14* (2006.01)
G01D 5/241 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/056518
- (22) 国際出願日: 2013 年 3 月 8 日(08.03.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 中国電力株式会社 (THE CHUGOKU ELECTRIC POWER CO., INC.) [JP/JP]; 〒7308701 広島県広島市中区小町 4 番 3 3 号 Hiroshima (JP).
- (72) 発明者: 田中 誠 (TANAKA, Makoto); 〒7308701 広島県広島市中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP). 石丸 秀雄 (ISHIMARU, Hideo); 〒7308701 広島県広島市中区小町 4 番 3 3 号 中国電力株式会社内 Hiroshima (JP).
- (74) 代理人: 一色国際特許業務法人 (ISSHIKI & CO.); 〒1050004 東京都港区新橋 2 丁目 1 2 番 7 号 労金新橋ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

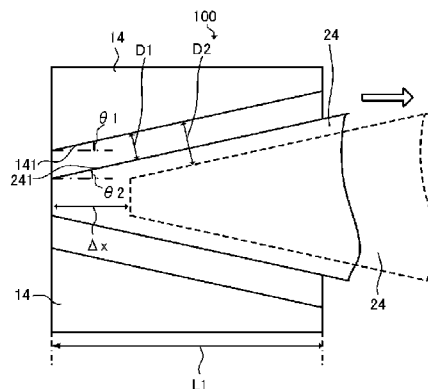
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: REMAINING LIFE ESTIMATION DEVICE

(54) 発明の名称: 余寿命推定装置



(57) Abstract: [Solution] This remaining life estimation device comprises: a first electrode body that includes a tubular electrode and that is attached to an object to be measured; a second electrode body that includes a rod-shaped electrode to be inserted inside said tubular electrode, and that is attached to said object to be measured; and an estimation device that estimates the remaining life on the basis of a change in the value of capacitance determined according to the length of said rod-shaped electrode inserted into said tubular electrode, said change in capacitance value being caused by a strain in said object to be measured. Said rod-shaped electrode and/or the inside of said tubular electrode have/has a truncated cone shape which is shaped such that, as the length of said rod-shaped electrode inserted into said tubular electrode becomes shorter, the area in which said tubular electrode and said rod-shaped electrode oppose one another decreases and the distance between said tubular electrode and said rod-shaped electrode increases.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2014/136269 A1



【解決手段】筒状電極を有し、被測定物に取り付けられる第1電極体と、前記筒状電極の内部に挿入される棒状電極を有し、前記被測定物に取り付けられる第2電極体と、前記筒状電極に挿入される前記棒状電極の長さに応じて定まる静電容量の値が、前記被測定物の歪みに起因して変化することにより余寿命を推定する推定装置と、を備え、前記筒状電極の内部と前記棒状電極の少なくとも一方は、前記筒状電極に挿入される前記棒状電極の長さが短くなるにつれて、前記筒状電極と前記棒状電極との対向面積が小さくなるとともに前記筒状電極と前記棒状電極との間の距離が長くなるように、円錐台形状を呈している。

明 細 書

発明の名称：余寿命推定装置

技術分野

[0001] 本発明は、余寿命推定装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば、被測定物の余寿命を推定するための歪測定装置が知られている（例えば特許文献１）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特開２０１２－２０２９５３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 例えば、特許文献１の歪測定装置においては、筒状電極に挿入される棒状電極の長さに応じて定まる静電容量の値に基づいて、被測定物の歪量が測定される。この歪測定装置における静電容量の値は、被測定物の歪量が増加するにつれて略線形的に減少する。このため、被測定物の歪量が比較的小さい場合、当該歪量の測定精度が低下し、被測定物の余寿命の推定精度が低下する虞がある。

課題を解決するための手段

[0005] 前述した課題を解決する主たる本発明は、筒状電極を有し、被測定物に取り付けられる第１電極体と、前記筒状電極の内部に挿入される棒状電極を有し、前記被測定物に取り付けられる第２電極体と、前記筒状電極に挿入される前記棒状電極の長さに応じて定まる静電容量の値が、前記被測定物の歪みに起因して変化することにより余寿命を推定する推定装置と、を備え、前記筒状電極の内部と前記棒状電極の少なくとも一方は、前記筒状電極に挿入される前記棒状電極の長さが短くなるにつれて、前記筒状電極と前記棒状電極との対向面積が小さくなるとともに前記筒状電極と前記棒状電極との間の距

離が長くなるように、円錐台形状を呈していることを特徴とする余寿命推定装置である。

[0006] 本発明の他の特徴については、添付図面及び本明細書の記載により明らかとなる。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、被測定物の余寿命の推定精度を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の実施形態における余寿命診断装置の一部を示す斜視図である。

[図2]本発明の実施形態における歪量と寿命消費率との関係を示す図である。

[図3]本発明の実施形態における余寿命診断装置の一部を示す断面図である。

[図4]本発明の実施形態における第1電極及び第2電極を示す斜視図である。

[図5]本発明の実施形態における第1電極及び第2電極を示す断面図である。

[図6]本発明の実施形態におけるコンデンサの静電容量と配管の歪量との関係を示す図である。

[図7]本発明の実施形態における配管の寿命消費率とコンデンサの静電容量との関係を示す図である。

[図8]本発明の実施形態における余寿命診断装置の等価回路を示す回路図である。

[図9]本発明の実施形態における診断装置の機能を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0009] 本明細書および添付図面の記載により、少なくとも以下の事項が明らかとなる。

[0010] ===余寿命診断装置===

以下、図1を参照して、本実施形態における余寿命診断装置について説明する。図1は、本実施形態における余寿命診断装置の一部を示す斜視図である。尚、図1においては、説明の便宜上、測定ケーブル4A、4B（図3）は省略されている。

[0011] 余寿命診断装置 900（余寿命推定装置）は、例えば火力発電所に設けられた、ボイラ、タービン、配管等々の余寿命を診断（推定）するための装置である。余寿命診断装置 900 は、例えば 600℃ 以上の比較的高温となっている金属製の配管 400（被測定物）の余寿命を診断する。尚、配管 400、配管 400 の余寿命については、後述する。

[0012] 余寿命診断装置 900 は、第 1 測定装置 100（第 1 電極体）、第 2 測定装置 200（第 2 電極体）、診断装置 9（図 9）を有する。尚、本実施形態において、Z 軸は、第 1 測定装置 100 及び第 2 測定装置 200 が立設する高さ方向（垂直方向）に沿う軸であり、+Z は、配管 400 から第 1 測定装置 100 及び第 2 測定装置 200 に向かう上方向（垂直方向において配管 400 から離れる方向）を示し、-Z は、第 1 測定装置 100 及び第 2 測定装置 200 から配管 400 に向かう下方向（垂直方向において配管 400 に近づく方向）を示すものとする。又、X 軸は、第 1 測定装置 100 及び第 2 測定装置 200 が隣接する方向に沿う軸であり、+X は、第 1 測定装置 100 から第 2 測定装置 200 に向かう方向を示し、-X は、第 2 測定装置 200 から第 1 測定装置 100 に向かう方向を示すものとする。又、Y 軸は、X 軸及び Z 軸に対して直行する軸であり、+Y は、第 1 測定装置 100 における一方の側面から他方の側面に向かう方向を示し、-Y は、第 1 測定装置 100 における他方の側面から一方の側面に向かう方向を示すものとする。

[0013] 第 1 測定装置 100 及び第 2 測定装置 200 は、金属製の配管 400 における測定対象部分 403 の歪量を測定する際に、配管 400 の長手方向（X 軸）において、測定対象部分 403 の両側に設けられる装置である。第 1 測定装置 100 及び第 2 測定装置 200 は、測定対象部分 403 における当該配管 400 の長手方向の歪量を測定するためのセンサとして機能する。尚、第 1 測定装置 100、第 2 測定装置 200 については、後述する。

[0014] 診断装置 9 は、配管 400 の余寿命を推定する装置である。尚、診断装置 9 については、後述する。

[0015] ===配管===

以下、図 1 を参照して、本実施形態における配管について説明する。

[0016] 配管 400 は、火力発電所に設けられ、例えば 600℃ 以上の比較的高温となっている金属製の配管である。配管 400 は、配管 400 の長手方向（X 軸）において第 1 配管 401 及び第 2 配管 402 が溶接されて形成される。

[0017] 配管 400 においては、第 1 配管 401 及び第 2 配管 402 の溶接部分である測定対象部分 403 が、例えば、例えばクリープ等による経年劣化により歪むことがある。この場合、測定対象部分 403 においては、測定対象部分 403 の歪量に応じて、例えば、亀裂が生じることがある。

[0018] === 配管の余寿命 ===

以下、図 2 を参照して、本実施形態における配管の余寿命について説明する。図 2 は、本実施形態における歪量と寿命消費率との関係を示す図である。尚、図 2 の縦軸は、配管 400 の歪量を示している。図 2 の横軸は、配管 400 の寿命消費率を示している。図 2 は、例えば、実験又はシミュレーション等に基づいて求められる。

[0019] = 配管の歪量 =

配管 400 の歪量は、例えば、配管 400 の変形に応じた、当該配管 400 の変位量のことである。配管 400 の歪量は、配管 400 の長手方向（X 軸）における変位量である。

[0020] = 配管の寿命消費率 =

配管 400 の寿命消費率は、配管 400 が設けられた時からの経過時間（経過期間）に基づく割合を示している。配管 400 の寿命消費率は、配管 400 の寿命に対する、配管 400 が設けられた時から現時点までの経過期間の割合を示している。配管 400 の寿命とは、配管 400 が設けられた時から、例えばクリープ等による経年劣化より配管 400 が破壊されるまでの期間のことである。配管 400 の破壊とは、配管 400 の歪量が所定量よりも大きくなり、例えば、配管 400 に亀裂が入り配管 400 が破断することである。

[0021] つまり、例えば、配管400の寿命消費率が0(%)であるということは、配管400が設けられた時からの経過時間が0時間であるということを示す。つまり、配管400の寿命消費率が0(%)であるということは、配管400が設けられた時を示している。

[0022] 又、例えば、配管400の寿命消費率が100(%)であるということは、配管400が設けられた時からの配管400の寿命だけ時間が経過したことを示している。つまり、配管400の寿命消費率が100(%)であるということは、配管400に亀裂が入り配管400が破断する時を示している。

[0023] 配管400の寿命消費率が0(%)～Ta1の間(以下、「寿命初期」とも称する)においては、配管400の歪量は略0となっている。

[0024] 配管400の寿命消費率がTa1～Ta2の間(以下、「寿命中期」とも称する)においては、配管400の歪量は略0からZa2まで変動している。寿命中期においては、配管400の歪量は、配管400の寿命消費率が大きくなるにつれて、略線形的に大きくなっている。

[0025] 配管400の寿命消費率がTa2～100(%)の間(以下、「寿命末期」とも称する)においては、配管400の歪量は略Za2からZa3まで変動している。寿命末期においては、配管400の歪量は、配管400の寿命消費率が大きくなるにつれて、非線形的に大きくなっている。又、寿命末期における所定の寿命消費率の幅に対する歪量の変動幅は、寿命中期における所定の寿命消費率の幅に対する歪量の変動幅よりも大きくなっている。つまり、寿命末期における、所定の経過時間(例えば、1年間)における配管400の歪量の変動幅は、寿命中期における、所定の経過時間(例えば、1年間)における配管400の歪量の変動幅よりも大きくなることになる。尚、寿命初期における、所定の経過時間(例えば、1年間)における配管400の歪量の変動幅は、寿命中期における、所定の経過時間(例えば、1年間)における配管400の歪量の変動幅よりも小さくなることになる。

[0026] =配管の余寿命=

配管４００の余寿命とは、現時点から配管４００の寿命消費率が１００（％）になるまでの間の期間である。尚、例えば、配管４００の余寿命とは、現時点から配管４００の寿命消費率が１００（％）になるまでの、残りの寿命消費率であることとしてもよい。

[0027] ===第１測定装置、第２測定装置===

以下、図３及び図４を参照して、本実施形態における第１測定装置及び第２測定装置について説明する。図３は、本実施形態における余寿命診断装置の一部を示す断面図である。尚、図３は、図１における第１測定装置１００の略中央を通るＸＺ平面から＋Ｙ方向へ向かって見た状態の、第１測定装置１００及び第２測定装置２００を示している。図４は、本実施形態における第１電極及び第２電極を示す斜視図である。尚、第１電極１４の内部は、見えない状態となっているが、説明の便宜上、点線で示されている。

[0028] =第１測定装置=

第１測定装置１００は、第１配管４０１に対して例えば溶接されて固定される。第１測定装置１００は、筐体１１（第１ケース）、脚１２（第１脚）、固定部材１３（第１支持部材）、第１電極１４（筒状電極）を有する。

[0029] 筐体１１は、第１電極１４を収容した状態で当該第１電極１４を保持するための例えば金属製の筐体である。筐体１１の外形は、例えば、略矩形柱形状を呈する。筐体１１は、内部に第１電極１４を収容できるように、中空構造を呈する。筐体１１の内径は、筐体１１の内部に第１電極１４を収容できるように、第１電極１４の外径よりも大きくされている。筐体１１は、金属製の脚１２を介して第１配管４０１に溶接される。尚、脚１２は、第１配管４０１と筐体１１との間において筐体１１から第１配管４０１に向かって突出し、第１配管４０１に固定されている。

[0030] 固定部材１３は、筐体１１の内部に第１電極１４を固定するための例えばセラミックス等の絶縁性の部材である。固定部材１３は、筐体１１の内部において第１電極１４が筐体１１と接触しないように、第１電極１４を支持している。

[0031] 第1電極14は、第2電極24（棒状電極）と共にコンデンサC a（図8）を形成するための金属製の部材である。つまり、第1電極14は、コンデンサC aにおける2個の電極のうち的一方の電極として機能する。第1電極14は、配管400の長手方向（X軸）に沿って棒状に延びている。第1電極14の外形は、例えば長尺状の円柱形状を呈する。第1電極14は、内部に第2電極24を進退自在に挿入できるように挿入孔14aが設けられており、中空構造を呈する。つまり、第1電極14は、筒形状を呈している。第1電極14の内部は、配管400の長手方向における第1測定装置100と第2測定装置200との間の距離G1に対するコンデンサC aの静電容量の値が当該距離G1の値に応じて非線形的に変化するように、円錐台形状とされている。つまり、第1電極14の内部は、第1電極14の内径が第1測定装置100側（-X）から第2測定装置200側（+X）に向かうにつれて大きくなるような円錐台形状を呈している。

[0032] =第2測定装置=

第2測定装置200は、第2配管402に対して例えば溶接されて固定される。第2測定装置200は、筐体21（第2ケース）、脚22（第2脚）、固定部材23（第2支持部材）、第2電極24を有する。

[0033] 筐体21は、第2電極24を収容した状態で当該第2電極24を保持するための例えば金属製の筐体である。筐体21の外形は、例えば、略矩形柱形状を呈する。筐体21は、内部に第2電極24を収容できるように、中空構造を呈する。筐体21の内径は、筐体21の内部に第2電極24を収容できるように、第2電極24の外径よりも大きくされている。筐体21には、金属製の脚22を介して第2配管402に溶接される。尚、脚22は、第2配管402と筐体21との間において筐体21から第2配管402に向かって突出し、第2配管402に固定されている。

[0034] 固定部材23は、筐体21の内部に第2電極24を固定するための例えばセラミックス等の絶縁性の部材である。固定部材23は、筐体21の内部において第2電極24が筐体21と接触しないように、第2電極24を支持す

る。

[0035] 第2電極24は、第1電極14と共にコンデンサC a（図8）を形成するための金属製の部材である。つまり、第2電極24は、コンデンサC aにおける2個の電極のうちの他方の電極として機能する。第2電極14は、配管400の長手方向（X軸）に沿って棒状に延びている。第2電極14の外形は、例えば長尺状の円錐台形状を呈する。つまり、第2電極24は、第2電極24の外径が第1測定装置100側（-X）から第2測定装置200側（+X）に向かうにつれて大きくなるような円錐台形状を呈している。又、第1電極14の内部及び第2電極24は、第1電極14の第2電極24との対向面と第2電極24の第1電極14との対向面が互いに略平行となるような円錐台形状を呈している。

[0036] 第2電極24の端部24aは、第1電極14の挿入孔14aに挿入される。尚、第2電極24は、第1電極14と接触しないように挿入孔14aに挿入されることとする。このとき、第2電極24における第1電極14の内部に挿入されている端部24a（以下、「第2電極24の挿入部分」とも称する）の外面は、挿入孔14a内で第1電極14の内面と対向することとなる。そして、第2電極24の挿入部分がコンデンサC aの他方の電極として機能し、第2電極24の挿入部分と対向している第1電極14の一部（以下、「第1電極14の対向部分」とも称する）がコンデンサC aの一方の電極として機能することになる。そして、コンデンサC aの静電容量の値は、第2電極24の挿入部分の面積及び第1電極14の対向部分の面積、第2電極24及び第1電極14が互に対向する方向における第2電極24から第1電極14までの距離（例えば図5の距離D1、D2）に応じて定まることになる。よって、コンデンサC aの静電容量の値は、配管400の長手方向における第1測定装置100と第2測定装置200との間の距離G1に応じて定まることになる。

[0037] ===コンデンサの静電容量===

以下、図5を参照して、本実施形態におけるコンデンサの静電容量について

て説明する。図5は、本実施形態における第1電極及び第2電極を示す断面図である。尚、図5は、図2における第1電極14及び第2電極24を示している。第2電極24の一部は、説明の便宜上、省略されている。図5においては、第1位置に設けられている第2電極24は、説明の便宜上、実線で示されており、第2位置に設けられている第2電極24は、説明の便宜上、点線で示されている。尚、第1位置及び第2位置は、配管400の歪量に基づいて定められる、第1電極14に対する第2電極24の相対位置である。

[0038] 配管400の余寿命（配管400の寿命消費率）は、前述したように、配管400の歪量と対応付けられている。一方、コンデンサCaの静電容量の値は、配管400の長手方向における第1測定装置100と第2測定装置200との間の距離G1に応じて定まることになる。尚、距離G1は、配管400の歪量に応じて定まることになる。従って、コンデンサCaの静電容量の値に基づいて、配管400の余寿命を推定することが可能となる。

[0039] コンデンサCaの静電容量の値は、第1電極14に対する第2電極24の相対位置に応じて定まる。

[0040] 例えば、第2電極24が第1位置（図5の実線）に設けられたときのコンデンサCaの静電容量の値Ca1と、第2電極24が第2位置（図5の点線）に設けられたときのコンデンサCaの静電容量の値Ca2とについて説明する。

[0041] 第1位置は、例えば、X軸及びY軸において第1電極14の内部の略中央の位置であることとする。第2位置は、例えば、X軸及びY軸において第1電極14の略中央の位置であり、且つ、配管400の長手方向（X軸）において第1位置よりも+X側に Δx だけ移動した位置であることとする。

[0042] ここで、第1電極14の内部及び第2電極は、第1電極14の内面141と第2電極の外面241とが相互に平行となるようなテーパ形状を呈していることとする。つまり、配管400の長手方向に対する第1電極14の内面141の傾斜角度 θ_1 と、配管400の長手方向に対する第2電極24の外面241の傾斜角度 θ_2 とは、相互に同様な角度になる。

[0043] 又、第 1 電極 1 4 の対向部分における内面 1 4 1 の面積と、第 2 電極 2 4 の挿入部分における外面 2 4 1 の面積は、説明の便宜上、同様な面積であることとする。

[0044] 第 2 電極 2 4 が第 1 位置（図 5 の実線）に設けられたときのコンデンサ C a の静電容量の値 C a 1 は、以下の、式 1 に示される通りとなる。

[0045]
$$Ca1 = \varepsilon * \frac{S}{D1} \cdots \text{(式 1)}$$

尚、式 1 において、S は、第 1 電極 1 4 の対向部分における内面 1 4 1 の面積、第 2 電極 2 4 の挿入部分における外面 2 4 1 の面積を示している。 ε は、誘電率を示している。D 1 は、外面 2 4 1 及び対面 1 4 1 に対して直交する方向における外面 2 4 1 と内面 1 4 1 との間の距離を示している。

[0046] 例えば、配管 4 0 0 の歪に基づいて第 1 測定装置 1 0 0 と第 2 測定装置 2 0 0 との間の距離 G 1 が長くなった場合、第 2 電極 2 4 は、第 2 位置（図 5 の点線）に設けられることになる。このときの、コンデンサ C a の静電容量の値 C a 2 は、以下の、式 2 に示される通りとなる。

[0047]
$$Ca2 = \varepsilon * \frac{S(1 - \frac{\Delta x}{L1})}{D1 + \Delta x * \sin(\theta 2)} \cdots \text{(式 2)}$$

尚、式 2 においては、第 1 電極 1 4 の対向部分における内面 1 4 1 の面積、第 2 電極 2 4 の挿入部分における外面 2 4 1 の面積は、 $S(1 - \Delta x / L1)$ になるものと近似的に示されている。又、式 2 においては、外面 2 4 1 と内面 1 4 1 との間の距離は、 $D1 + \Delta x * \sin(\theta 2)$ になることが示されている。つまり、第 1 電極 1 4 に挿入される第 2 電極 2 4 の長さが短くなるにつれて、第 1 電極 1 4 と第 2 電極 2 4 との対向面積が小さくなるとともに第 1 電極 1 4 と第 2 電極 2 4 との間の距離が長くなっている。

[0048] 式 1、式 2 においては、第 2 電極 2 4 の移動距離に対するコンデンサ C a の静電容量の値が、非線形的に変化していることが示されている。つまり、第 2 電極が第 1 位置から第 2 位置に移動した際、第 1 電極 1 4 の対向部分における内面 1 4 1 の面積、第 2 電極 2 4 の挿入部分における外面 2 4 1 の面積は減少し、外面 2 4 1 と内面 1 4 1 との間の距離は増加することが示され

ている。更に、コンデンサ C_a の静電容量の値が傾斜角度 θ_2 (θ_1) に応じて定められることが示されている。

[0049] === 傾斜角度とコンデンサの静電容量 ===

以下、図6を参照して、本実施形態における傾斜角度とコンデンサの静電容量について説明する。図6は、本実施形態におけるコンデンサの静電容量と配管の歪量との関係を示す図である。尚、図6の縦軸は、コンデンサ C_a の静電容量の値を示している。図6の横軸は、配管400の歪量を示している。配管400の歪量 Z_1 は、図2の寿命中期における配管400の歪量である。つまり、歪量 Z_1 は、0 (図2) より大きくなり且つ歪量 Z_{a2} 以下となる。配管400の歪量 Z_2 、 Z_3 は、図2の寿命末期における配管400の歪量である。つまり、歪量 Z_2 、 Z_3 は、歪量 Z_{a2} (図2) より大きくなり且つ歪量 Z_{a3} 以下となる。又、0から歪量 Z_1 までの歪量の変動幅 Z_{11} と、歪量 Z_2 から歪量 Z_3 までの歪量の変動幅 Z_{21} とは、相互に同様な幅であることとする。図6は、例えば、実験又はシミュレーション等に基づいて求められる。

[0050] 直線71は、例えば、傾斜角度 θ_2 (θ_1) が0度のときの、配管400の歪量に対するコンデンサ C_a の静電容量の値を示している。つまり、直線71は、第1電極14の内部及び第2電極24がテーパ形状でなく、例えば、円柱形状を呈しているときの、コンデンサ C_a の静電容量の値を示している。尚、傾斜角度 θ_1 と傾斜角度 θ_2 とは、互いに同様な角度であるので、傾斜角度 θ_2 についてのみ説明し、傾斜角度 θ_1 の角度については、その説明を省略する。

[0051] 曲線72は、例えば、傾斜角度 θ_2 が所定角度 (例えば、0度より大きく90度より小さい角度) のときの、配管400の歪量に対するコンデンサ C_a の静電容量の値を示している。

[0052] コンデンサ C_a の静電容量の値は、配管400の歪量及び傾斜角度 θ_2 に応じて定まる。

[0053] = 傾斜角度 θ_2 が0度の場合 (直線71) =

傾斜角度 θ_2 が 0 度の場合（直線 7 1）、配管 4 0 0 の歪量 0、Z 1、Z 2、Z 3 夫々に対するコンデンサ C_a の静電容量は、静電容量 C_1 、 C_2 、 C_4 、 C_5 となる。そして、歪量の変動幅 Z 1 1 に対する静電容量の変動幅 C_{21} と、歪量の幅 Z 2 1 に対する静電容量の変動幅 C_{22} とは、互いに同様な変動幅となる。つまり、寿命中期における歪量の所定の変動幅に対する静電容量の変動幅（例えば C_{21} ）と、寿命末期における歪量の所定の変動幅に対する静電容量の変動幅（例えば C_{22} ）とは、相互に同様な変動幅となる。

[0054] = 傾斜角度 θ_2 が所定角度の場合（曲線 7 2） =

傾斜角度 θ_2 が所定角度（例えば、4 0 度）の場合（曲線 7 2）、配管 4 0 0 の歪量 0、Z 1、Z 2、Z 3 夫々に対するコンデンサ C_a の静電容量は、静電容量 C_1 、 C_3 、 C_6 、 C_7 となる。そして、歪量の変動幅 Z 1 1 に対する静電容量の変動幅 C_{11} は、歪量の幅 Z 2 1 に対する静電容量の変動幅 C_{12} よりも大きくなる。つまり、寿命中期における歪量の所定の変動幅に対する静電容量の変動幅（例えば C_{11} ）は、寿命末期における歪量の所定の変動幅に対する静電容量の変動幅（例えば C_{12} ）よりも大きくなる。

[0055] = 直線 7 1 と曲線 7 2 =

歪量の変動幅 Z 1 1 に対する静電容量の変動幅 C_{11} （曲線 7 2）は、歪量の変動幅 Z 1 1 に対する静電容量の変動幅 C_{21} （直線 7 1）よりも大きくなる。又、歪量の変動幅 Z 2 1 に対する静電容量の変動幅 C_{12} （曲線 7 2）は、歪量の変動幅 Z 2 1 に対する静電容量の変動幅 C_{22} （直線 7 1）よりも小さくなる。

[0056] === 配管の余寿命（寿命消費率）とコンデンサの静電容量 ===

以下、図 7 を参照して、本実施形態における配管の余寿命（寿命消費率）とコンデンサの静電容量について説明する。図 7 は、本実施形態における配管の寿命消費率とコンデンサの静電容量との関係を示す図である。尚、図 7 の縦軸は、コンデンサ C_a の静電容量の値を示している。図 7 の横軸は、配管 4 0 0 の寿命消費率を示している。

[0057] 曲線 7 1 1 は、例えば、傾斜角度 $\theta 2$ が 0 度のときの、配管 4 0 0 の寿命消費率に対するコンデンサ $C a$ の静電容量の値を示している。曲線 7 1 1 において、配管 4 0 0 の寿命消費率 0 (%)、 $T a 3$ (%) 夫々に対するコンデンサ $C a$ の静電容量は、静電容量 $C 1$ 、 $C 8$ となる。尚、寿命消費率 $T a 3$ は、寿命中期における寿命消費率を示している。つまり、寿命消費率 $T a 3$ は、寿命消費率 $T a 1$ と寿命消費率 $T a 2$ との間の値である。又、静電容量 $C 8$ は、静電容量 $C 1$ よりも小さい値である。

[0058] 曲線 7 2 1 は、例えば、傾斜角度 $\theta 2$ が所定角度（例えば、4 0 度）のときの、配管 4 0 0 の寿命消費率に対するコンデンサ $C a$ の静電容量の値を示している。曲線 7 2 1 において、配管 4 0 0 の寿命消費率 0 (%)、 $T a 3$ (%) 夫々に対するコンデンサ $C a$ の静電容量は、静電容量 $C 1$ 、 $C 9$ となる。尚、静電容量 $C 9$ は、静電容量 $C 8$ よりも小さく且つ 0 よりも大きい値である。

[0059] 以上より、寿命消費率が 0 (%) から $T a 3$ (%) となるまでの静電容量の変動幅 $C 3 2$ （曲線 7 2 1）は、寿命消費率が 0 (%) から $T a 3$ (%) となるまでの静電容量の変動幅 $C 3 1$ （曲線 7 1 1）よりも大きくなる。つまり、傾斜角度 $\theta 2$ が所定角度（例えば、4 0 度）とされたとき、寿命中期における寿命消費率の変動幅に対する静電容量の値の変動幅が比較的大きくなる。つまり、寿命中期における、コンデンサ $C a$ の静電容量の値に基づく配管 4 0 0 の余寿命（寿命消費率）の推定精度を向上させることができる。

[0060] === 余寿命診断装置の接続 ===

以下、図 8 を参照して、本実施形態における余寿命診断装置の接続について説明する。図 8 は、本実施形態における余寿命診断装置の等価回路を示す回路図である。尚、コンデンサ $C a$ は、例えば、第 1 電極 1 4 と第 2 電極 2 4 によって形成されるコンデンサを示している。

[0061] 診断装置 9 は、第 1 端子 9 0 1、第 2 端子 9 0 2 を有する。

[0062] 第 1 端子 9 0 1 は、例えば、交流の電圧を印加するための端子である。第 1 端子 9 0 1 は、例えば、コンデンサ $C a$ の静電容量に基づいて導電線 4 1

Aを流れる電流を印加（出力）するための端子としても機能する。

[0063] 第2端子902は、例えば、印加された電圧により、コンデンサCaを通過した電流を検出するための端子である。尚、第2端子902が、例えば、交流の電圧を印加するための端子であることとして、第1端子901が、例えば、印加された電圧により、コンデンサCaを通過した電流を検出するための端子であることとしてもよい。

[0064] 診断装置9は、コンデンサCaの静電容量を測定するために、測定ケーブル4A、4B（図3）を介して第1電極14、第2電極24に接続される。具体的には、診断装置9の第1端子901が、測定ケーブル4Aの導電線41Aを介して第1電極14に接続される。診断装置9の第2端子902が、測定ケーブル4Bの導電線41Bを介して第2電極24に接続される。

[0065] 尚、測定ケーブル4A、4Bは、例えば同軸ケーブルである。導電線41A、41Bは夫々、測定ケーブル4A、4Bの内部導体を示し、導電線42A、42Bは夫々、測定ケーブル4A、4Bの外部導体を示していることとする。尚、導電線42A、42B夫々の一端は、例えば、筐体11、21に対して比較的強固に接続されているが、図3においては、説明の便宜上、1点で接続されているように示されている。

[0066] ===診断装置の機能===

以下、図3、図7及び図9を参照して、本実施形態における診断装置の機能について説明する。図9は、本実施形態における診断装置の機能を示すブロック図である。

[0067] 診断装置9は、コンデンサCaの静電容量の値に基づいて、配管400の余寿命を推定する装置である。診断装置9は、静電容量測定部91、歪検出部92、余寿命診断部93（推定装置）、記憶部94（記憶装置）、表示部95を有する。

[0068] 静電容量測定部91は、第1電極14と第2電極24によって形成されるコンデンサCaの静電容量を測定する。静電容量測定部91は、例えば、第1端子901及び第2端子902のどちらかから交流電圧を印加（出力）し

て、当該電圧が出力されたときに導電線 4 1 A、4 2 A を介してコンデンサ C a を通過する交流電流（以下、「検出電流」とも称する）を第 1 端子 9 0 1 及び第 2 端子 9 0 2 のどちらかで検出する。静電容量測定部 9 1 は、例えば、当該印加（出力）された交流電圧の値と検出電流の値とに基づいて、コンデンサ C a の静電容量を算出する。

[0069] 歪検出部 9 2 は、静電容量測定部 9 1 の測定結果に基づいて、測定対象部分 4 0 3 の歪量を算出する。歪検出部 9 2 は、例えば、第 1 時刻におけるコンデンサ C a の静電容量の値と、当該第 1 時刻よりも後の第 2 時刻におけるコンデンサ C a の静電容量の値とに基づいて、第 1 時刻から第 2 時刻までの間の所定時間（所定期間）における測定対象部分 4 0 3 の歪量を算出する。

[0070] ここで、コンデンサ C a の静電容量の値は、第 1 測定装置 1 0 0 と第 2 測定装置 2 0 0 との間の距離 G 1（図 3）に応じて定まることになる。つまり、コンデンサ C a の静電容量の値は、第 1 電極 1 4 に挿入される第 2 電極 2 4 の長さに応じて定まることになる。そして、この距離 G 1 は、測定対象部分 4 0 3 の歪量に応じた長さとなる。よって、例えば、所定時間におけるコンデンサ C a の静電容量の値の変動幅は、所定時間における距離 G 1 の変動幅に応じて定まることになる。つまり、所定時間における距離 G 1 の変動幅に対応する測定対象部分 4 0 3 の歪量については、コンデンサ C a の静電容量の値の変動幅に基づいて求めることが可能となる。

[0071] 歪検出部 9 2 は、例えば、第 1 時刻におけるコンデンサ C a の静電容量の値と、第 2 時刻におけるコンデンサ C a の静電容量の値との差分に基づいて、測定対象部分 4 0 3 の歪量を算出する。

[0072] 尚、例えば、コンデンサ C a の静電容量の値の変動幅と、測定対象部分 4 0 3 の歪量とが対応付けられた情報が予め記憶部 9 4 に記憶されていることとしてもよい。このとき、歪検出部 9 2 は、例えば、静電容量測定部 9 1 の測定結果と記憶部 9 4 に記憶されている情報に基づいて、測定対象部分 4 0 3 の歪量を算出することとする。

[0073] 余寿命診断部 9 3 は、静電容量測定部 9 1 の測定結果等に基づいて、配管

400の余寿命を推定する。余寿命診断部93は、例えば、第1時刻から当該第1時刻よりも後の第2時刻までのコンデンサCaの静電容量の変動幅に基づいて、配管400の余寿命を算出する。つまり、余寿命診断部93は、コンデンサCaの静電容量の値が、配管400の歪みに起因して変化することにより余寿命を推定している。ここで、コンデンサCaの静電容量の値に対する配管400の余寿命を示す情報（例えば、図7の曲線712に示されるデータ）が、記憶部94に予め記憶されていることとする。余寿命診断部93は、静電容量測定部91の測定結果及び記憶部94に記憶されている情報に基づいて、配管400の余寿命を推定する。

[0074] ===余寿命の推定===

以下、図7を参照して、本実施形態における余寿命の推定について説明する。

[0075] 余寿命診断装置900は、例えば、配管400が火力発電所内に設けられたとき（第1時間）におけるコンデンサCaの静電容量を測定する。この後、余寿命診断装置900は、第1時間から所定時間経過したとき（第2時間）におけるコンデンサCaの静電容量を測定する。余寿命診断装置900は、例えば、第1時間から当該第1時間よりも後の第2時間までのコンデンサCaの静電容量の変動幅に基づいて、第2時間における配管400の余寿命を推定する。尚、例えば、上述の第2時間が寿命中期における時間である場合、上述のコンデンサCaの静電容量の変動幅が比較的大きくなっている。従って、余寿命診断装置900においては、寿命中期の第2時間における配管400の余寿命を比較的高精度に推定することが可能となる。

[0076] 前述したように、余寿命診断装置900は、第1測定装置100、第2測定装置200、診断装置9を有する。第1測定装置100は、筒形状を呈している第1電極14を有し、配管400に取り付けられる。第2測定装置200は、棒形状を呈している第2電極24を有し、配管400に取り付けられる。尚、第2電極24は、第1電極14の内部に挿入される。診断装置9は、コンデンサCaの静電容量の値が、配管400の歪みに起因して変化する

ることにより配管400の余寿命を推定している。尚、コンデンサC aの静電容量の値は、第1電極14に挿入される第2電極24の長さに応じて定まる。第1電極14の内部と第2電極24の少なくとも一方は、第1電極14に挿入される第2電極24の長さが短くなるにつれて、第1電極14と第2電極24との対向面積が小さくなるとともに第1電極14と第2電極24との間の距離が長くなるように、円錐台形状を呈している。これらの構成により、時間の経過に対する配管400の歪量の変動幅が比較的小さい例えば寿命中期（図2）において、時間の経過に対するコンデンサC aの静電容量の値の変動幅を増大させることができる。従って、余寿命診断装置900においては、例えば寿命中期における配管400の余寿命の推定精度を向上させることができる。

[0077] 又、第1電極14の内部は、第1電極14の内径が第1測定装置100側（-X）から第2測定装置200側（+X）に向かうにつれて大きくなるような円錐台形状を呈している。この構成により、第1電極14に挿入される第2電極24の長さが短くなるにつれて、第1電極14と第2電極24との対向面積を確実に小さくし且つ第1電極14と第2電極24との間の距離を確実に長くすることができる。従って、余寿命診断装置900においては、例えば寿命中期における配管400の余寿命の推定精度を確実に向上させることができる。又、第1電極14の内部における第2測定装置200側が大径となっているので、第1電極14に対する第2電極24の挿入が容易となる。つまり、容易に組み立てることができる使い勝手の良い余寿命診断装置900を提供することができる。

[0078] 又、第2電極24は、第2電極24の外径が第1測定装置100側（-X）から第2測定装置200側（+X）に向かうにつれて大きくなるような円錐台形状を呈している。この構成により、第1電極14に挿入される第2電極24の長さが短くなるにつれて、第1電極14と第2電極24との対向面積を確実に小さくし且つ第1電極14と第2電極24との間の距離を確実に長くすることができる。従って、余寿命診断装置900においては、例えば

寿命中期における配管400の余寿命の推定精度を確実に向上させることができる。又、第2電極24における第1測定装置100側が小径となっているので、第1電極14に対する第2電極24の挿入が容易となる。つまり、容易に組み立てることができる使い勝手の良い余寿命診断装置900を提供することができる。

[0079] 又、第1電極14の内部及び第2電極24は、第1電極14の第2電極24との対向面と第2電極24の第1電極14との対向面が互いに略平行となるような円錐台形状を呈している。この構成により、時間の経過に対する配管400の歪量の変動幅が比較的小さい例えば寿命中期（図2）において、時間の経過に対するコンデンサCaの静電容量の値の変動幅を確実に増大させることができる。従って、寿命中期における配管400の余寿命の推定精度を確実に向上させることができる。又、第2電極24を、第1電極14の長さ分だけ第1電極14の内部に挿入することができる。つまり、余寿命診断装置900においては、余寿命診断装置900で検出できる配管400の歪量を増大させることができる。つまり、余寿命診断装置900では、時間の経過に対する配管400の歪量の変動幅が比較的大きい例えば寿命末期（図2）においても、時間の経過に応じてコンデンサCaの静電容量の値が変化することになる。従って、寿命中期及び寿命末期の双方における配管400の余寿命の推定精度を向上させることができる。

[0080] 又、第1測定装置100は、筐体11、固定部材13を有している。筐体11は、第2電極24が第1電極14に挿入されるように第1電極14を収容した状態で配管400に取り付けられる金属製の筐体である。筐体11の内径は、筐体11の内部に第1電極14を収容できるように、第1電極14の外径よりも大きくされている。固定部材13は、筐体11の内部において第1電極14が筐体11と接触しないように、第1電極14を支持する絶縁性の部材である。これらの構成により、第1電極14と配管400との間の絶縁抵抗の値を増大させることができる。よって、例えば、コンデンサCaの静電容量を測定する際の、第1電極14から配管400への漏れ電流を低

減させることができる。従って、コンデンサC aの静電容量の測定精度を向上させて、配管400の余寿命の推定精度を更に向上させることができる。

[0081] 又、第2測定装置200は、筐体21、固定部材23を有している。筐体21は、第2電極24が第1電極14に挿入されるように第2電極24を収容した状態で配管400に取り付けられる金属製の筐体である。筐体21の内径は、筐体21の内部に第2電極24を収容できるように、第2電極24の外径よりも大きくされている。固定部材23は、筐体21の内部において第2電極24が筐体21と接触しないように、第2電極24を支持する絶縁性の部材である。これらの構成により、第2電極24と配管400との間の絶縁抵抗の値を増大させることができる。よって、例えば、コンデンサC aの静電容量を測定する際の、第2電極24から配管400への漏れ電流を低減させることができ、コンデンサC aの静電容量を安定的に測定することができる。

[0082] 又、第1測定装置100は、配管400と筐体11との間において筐体11から配管400に向かって突出し、配管400に固定され金属製の脚12を更に有する。又、第2測定装置200は、配管400と筐体21との間において筐体21から配管400に向かって突出し、配管400に固定され金属製の脚22を更に有する。これらの構成により、第1測定装置100及び第2測定装置200は、確実に配管400に固定されることになる。よって、コンデンサC aの静電容量の値に対して、配管400の歪量が確実に反映されることになる。従って、配管400の余寿命の推定精度を向上させることができる。

[0083] 又、配管400は、第1配管401と第1配管401に接続される第2配管402を含んでいる。脚12、22は夫々、第1配管401、第2配管402に固定される。これらの構成により、コンデンサC aの静電容量の値に対して、配管400の例えば溶接部分等の測定対象部分403の歪量を反映させることができる。従って、余寿命診断装置900においては、例えば、比較的高温（例えば600℃以上）下において時間の経過に伴って亀裂が入

り易い測定対象部分４０３の歪量に基づいて、配管４００の余寿命が推定されることになる。よって、余寿命診断装置９００は、配管４００の余寿命の推定精度を向上させることができる。

[0084] 又、余寿命診断装置９００の診断装置９は、記憶部９４を有する。記憶部９４には、コンデンサＣａの静電容量の値に対する配管４００の余寿命を示す情報（例えば、図７の曲線７１２に示されるデータ）が予め記憶されている。余寿命診断部９３は、記憶部９４に記憶されている情報に基づいて、配管４００の余寿命を推定する。これらの構成により、例えば、配管４００が設けられている環境等に基づいて、コンデンサＣａの静電容量の値に対する配管４００の余寿命を示す情報を、記憶部９４に予め記憶させることができる。例えば、配管４００内に供給されているガスの温度等に基づいて、コンデンサＣａの静電容量の値に対する配管４００の余寿命を定めることができる。従って、配管４００が設けられている環境を示す情報を、配管４００の余寿命の推定に反映させることができる。従って、余寿命診断装置９００は、配管４００の余寿命の推定精度を向上させることができる。又、配管４００の余寿命を推定するための煩雑な計算が不要となるために、配管４００の余寿命を迅速に推定することが可能となる。

[0085] 又、余寿命診断装置９００の余寿命診断部９３は、第１時間から第１時間よりも後の第２時間までのコンデンサＣａの静電容量の値の変動幅に基づいて、第２時間における配管４００の余寿命を推定する。ここで、例えば、寿命中期においては、時間の経過に対するコンデンサＣａの静電容量の変動幅が比較的大きくなる。従って、配管４００の余寿命の推定精度を向上させることができる。

[0086] 尚、上記本実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得るとともに、本発明にはその等価物も含まれる。

[0087] 本実施形態においては、第１電極１４の内部及び第２電極２４の双方が円

錐台形状を呈していることについて説明したが、これに限られるものではない。例えば、第1電極14の内部が円柱形状を呈しており、第2電極24が円錐台形状を呈していることとしてもよい。又、例えば、第1電極14の内部が円錐台形状を呈しており、第2電極24が円柱形状を呈していることとしてもよい。又、例えば、第1電極14の内部及び第2電極24の双方が、多角錐台形状を呈していることとしてもよく、円錐形状を呈していることとしてもよく、多角錐形状を呈していることとしてもよい。

[0088] 又、本実施形態においては、余寿命診断部93が、静電容量測定部91の測定結果等に基づいて、配管400の余寿命を推定することについて説明したが、これに限定されるものではない。例えば、余寿命診断部93は、歪検出部92の算出結果等に基づいて、配管400の余寿命を推定することとしてもよい。この場合、余寿命診断部93は、例えば、第1時刻から当該第1時刻よりも後の第2時刻までの配管400の歪量の変動幅に基づいて、配管400の余寿命を算出する。ここで、配管400の歪量の変動幅と、配管400の余寿命とが対応付けられた情報が、記憶部94に予め記憶されていることとする。余寿命診断部93は、歪検出部92の算出結果及び記憶部94に記憶されている情報に基づいて、配管400の余寿命を推定する。

符号の説明

[0089]	9	診断装置
	11、21	筐体
	12、22	脚
	13、23	固定部材
	14	第1電極
	24	第2電極
	93	余寿命診断部
	94	記憶部
	100	第1測定装置
	200	第2測定装置

4 0 0	配管
4 0 1	第 1 配管
4 0 2	第 2 配管
9 0 0	余寿命診断装置

請求の範囲

- [請求項1] 筒状電極を有し、被測定物に取り付けられる第1電極体と、
前記筒状電極の内部に挿入される棒状電極を有し、前記被測定物に取り付けられる第2電極体と、
前記筒状電極に挿入される前記棒状電極の長さに応じて定まる静電容量の値が、前記被測定物の歪みに起因して変化することにより余寿命を推定する推定装置と、を備え、
前記筒状電極の内部と前記棒状電極の少なくとも一方は、前記筒状電極に挿入される前記棒状電極の長さが短くなるにつれて、前記筒状電極と前記棒状電極との対向面積が小さくなるとともに前記筒状電極と前記棒状電極との間の距離が長くなるように、円錐台形状を呈している
ことを特徴とする余寿命推定装置。
- [請求項2] 前記筒状電極の内部は、前記筒状電極の内径が前記第1電極体側から前記第2電極体側に向かうにつれて大きくなるような円錐台形状を呈している
ことを特徴とする請求項1に記載の余寿命推定装置。
- [請求項3] 前記棒状電極は、前記棒状電極の外径が前記第1電極体側から前記第2電極体側に向かうにつれて大きくなるような円錐台形状を呈している、
ことを特徴とする請求項1又は2に記載の余寿命推定装置。
- [請求項4] 前記筒状電極の内部及び前記棒状電極は、前記筒状電極の前記棒状電極との対向面と前記棒状電極の前記筒状電極との対向面が互いに略平行となるような円錐台形状を呈している
ことを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の余寿命推定装置。
- [請求項5] 前記第1電極体は、前記筒状電極の外径よりも大きい内径を有すると共に前記棒状電極が前記筒状電極に挿入されるように前記筒状電極

を収容した状態で前記被測定物に取り付けられる金属製の第 1 ケースと、前記第 1 ケースに対して前記筒状電極が接触しないように前記第 1 ケースの内部において前記筒状電極を支持する絶縁性の第 1 支持部材と、を更に有する

ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の余寿命推定装置

。

[請求項6]

前記第 2 電極体は、前記棒状電極の外径よりも大きい内径を有すると共に前記棒状電極が前記筒状電極に挿入されるように前記棒状電極を収容した状態で前記被測定物に取り付けられる金属製の第 2 ケースと、前記第 2 ケースに対して前記棒状電極が接触しないように前記第 2 ケースの内部において前記棒状電極を支持する絶縁性の第 2 支持部材と、を更に有する

ことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の余寿命推定装置

。

[請求項7]

前記第 1 電極体は、前記被測定物と前記第 1 ケースとの間において前記第 1 ケースから前記被測定物に向かって突出し、前記被測定物に固定される金属製の第 1 脚、を更に有し、

前記第 2 電極体は、前記被測定物と前記第 2 ケースとの間において前記第 2 ケースから前記被測定物に向かって突出し、前記被測定物に固定される金属製の第 2 脚、を更に有する

ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れかに記載の余寿命推定装置

。

[請求項8]

前記被測定物は、第 1 配管と前記第 1 配管に接続される第 2 配管と、を含み、

前記第 1 脚は、前記第 1 配管に固定され、

前記第 2 脚は、前記第 2 配管に固定される

ことを特徴とする請求項 7 に記載の余寿命推定装置。

[請求項9]

前記静電容量の値に対する前記被測定物の余寿命を示す情報が予め

記憶されている記憶装置、を更に備え、

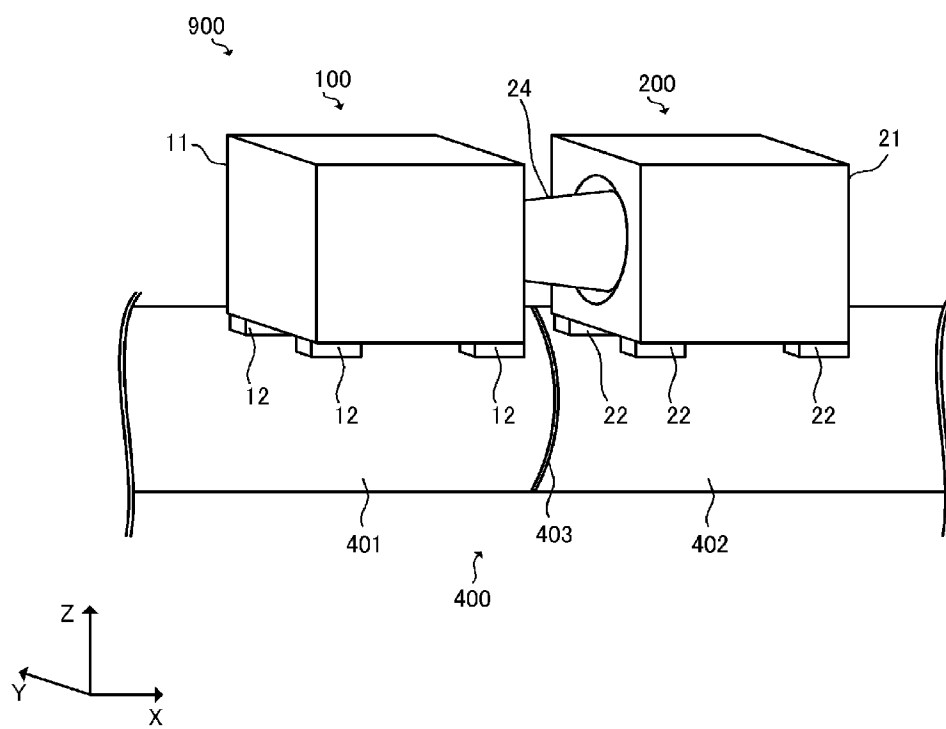
前記推定装置は、前記記憶装置に記憶されている情報に基づいて、
前記被測定物の余寿命を推定する

ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れかに記載の余寿命推定装置
。

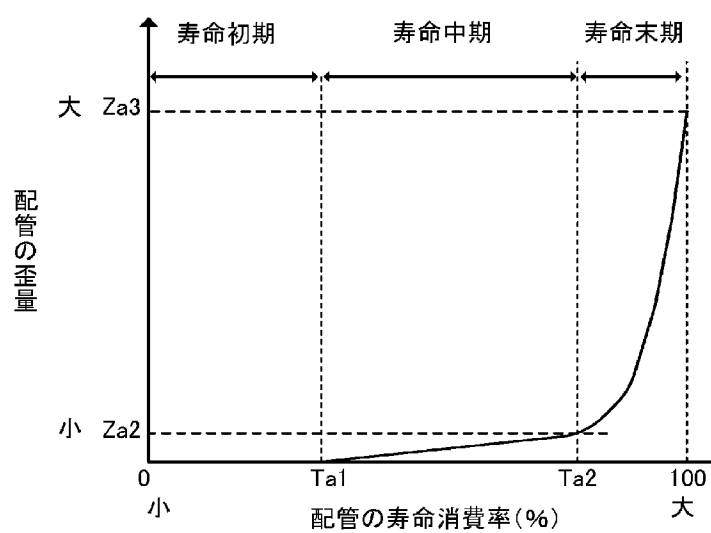
[請求項10] 前記推定装置は、第 1 時間から前記第 1 時間よりも後の第 2 時間まで前記静電容量の値の変動幅に基づいて、前記第 2 時間における前記被測定物の余寿命を推定する

ことを特徴とする請求項 9 に記載の余寿命推定装置。

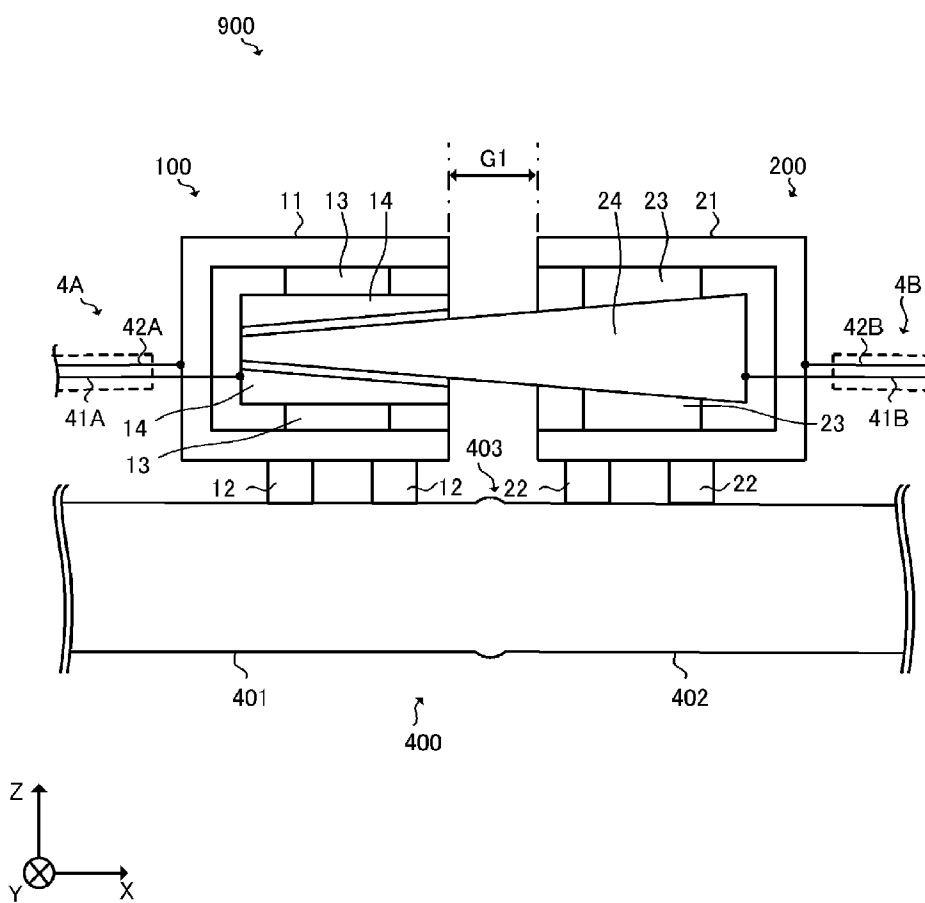
[図1]



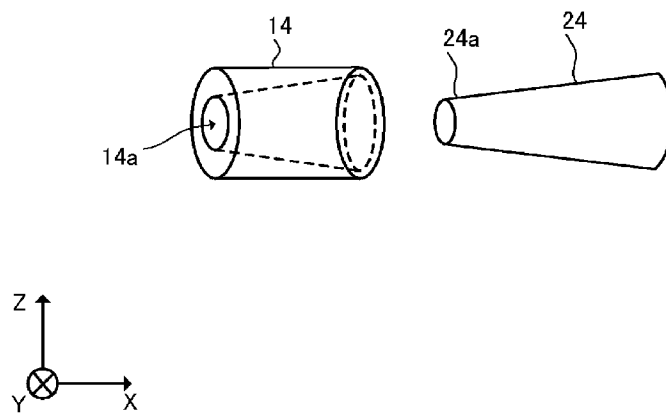
[図2]



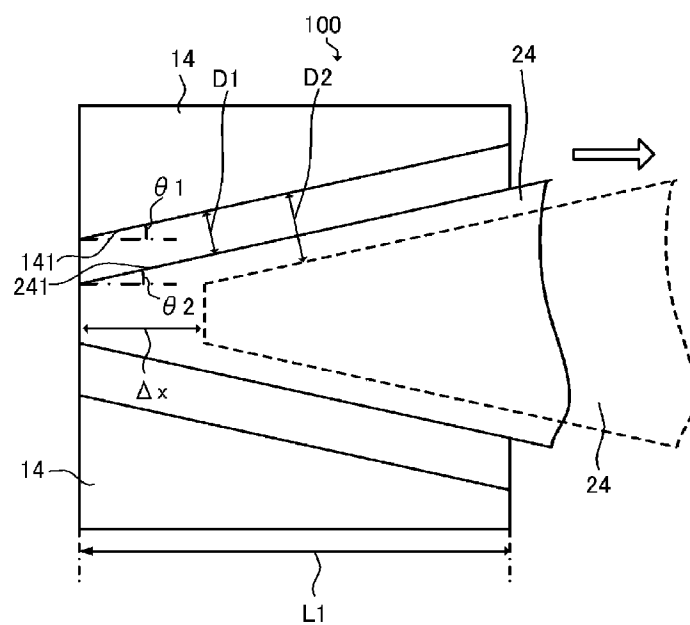
[図3]



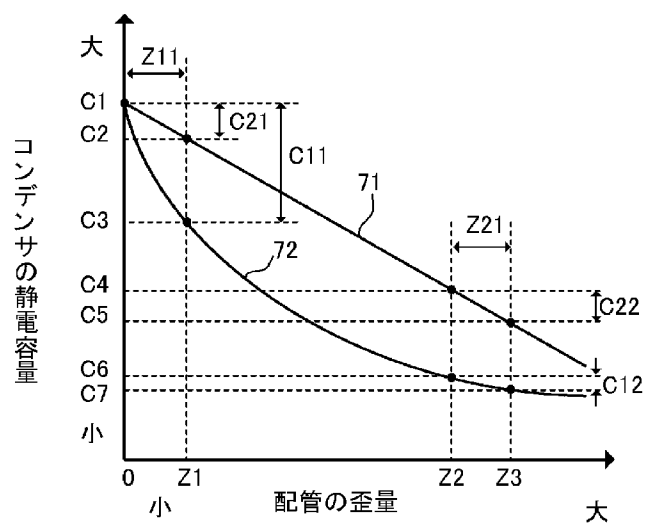
[図4]



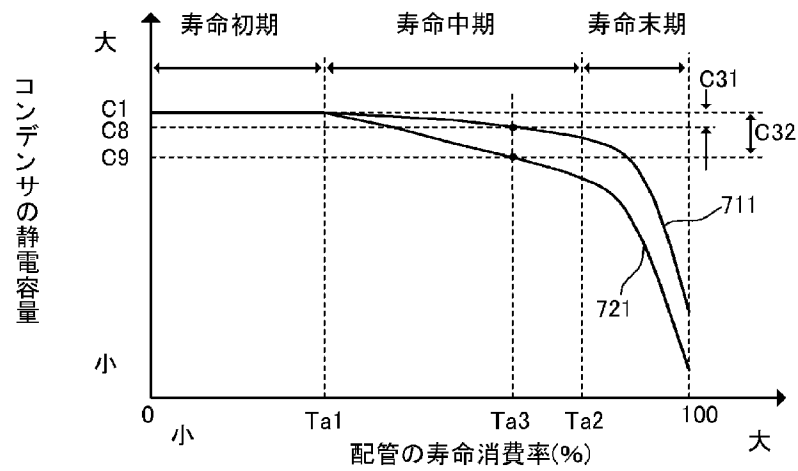
[図5]



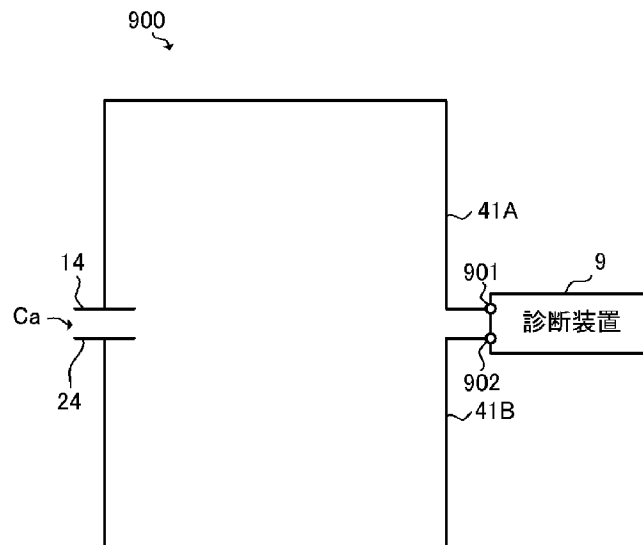
[図6]



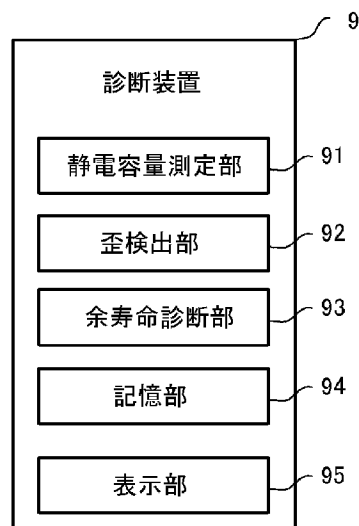
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/056518

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B7/16(2006.01) i, G01D5/241(2006.01) i, G01L1/14(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)

G01B7/16, G01D5/241, G01L1/14

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-089936 A (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 06 May 2011 (06.05.2011), paragraphs [0002] to [0003], [0013] to [0016], [0019]; fig. 1, 5 (Family: none)	1-10
Y	JP 2000-193408 A (Fuji Oozx Inc.), 14 July 2000 (14.07.2000), paragraphs [0001], [0047] to [0050], [0070] to [0071], [0076]; fig. 5, 11 & US 2001/0042566 A1 paragraphs [0001], [0044] to [0045], [0063] to [0065], [0070]; fig. 5, 11 & EP 995883 A1	1-10

☒ 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

“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
11 April, 2013 (11.04.13)

Date of mailing of the international search report
23 April, 2013 (23.04.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/056518

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-042745 A (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 13 February 2003 (13.02.2003), paragraphs [0002] to [0005], [0027] to [0029], [0039], [0044], [0057] to [0058], [0114] to [0116]; fig. 1 to 2, 14, 18 (Family: none)	1-10
A	JP 2012-202953 A (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 22 October 2012 (22.10.2012), paragraphs [0011] to [0019]; fig. 1 (Family: none)	1, 9
A	JP 2009-020074 A (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 29 January 2009 (29.01.2009), paragraphs [0013] to [0020]; fig. 1 (Family: none)	1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01B7/16(2006.01)i, G01D5/241(2006.01)i, G01L1/14(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01B7/16, G01D5/241, G01L1/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2011-089936 A（中国電力株式会社） 2011.05.06, 段落【0002】 - 【0003】, 段落【0013】 - 【0016】, 段落【0019】, 第1図, 第5図 (ファミリーなし)	1-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 1 . 0 4 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 3 . 0 4 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

中川 康文

2 S

4 0 6 8

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2000-193408 A (フジオーゼックス株式会社) 2000.07.14, 段落【0001】, 段落【0047】 - 【0050】, 段落【0070】 - 【0071】, 段落【0076】, 第5図, 第11図 & US 2001/0042566 A1, 段落[0001], 段落[0044] - [0045], 段落[0063] - [0065], 段落[0070], 第5図, 第11図 & EP 995883 A1	1-10
Y	JP 2003-042745 A (三菱重工業株式会社) 2003.02.13, 段落【0002】 - 【0005】, 段落【0027】 - 【0029】, 段落【0039】, 段落【0044】, 段落【0057】 - 【0058】, 段落【0114】 - 【0116】, 第1図-第2図, 第14図, 第18図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2012-202953 A (中国電力株式会社) 2012.10.22, 段落【0011】 - 【0019】, 第1図 (ファミリーなし)	1, 9
A	JP 2009-020074 A (中国電力株式会社) 2009.01.29, 段落【0013】 - 【0020】, 第1図 (ファミリーなし)	1