

⑫ 実用新案公報 (Y 2)

平3-13435

⑮ Int. Cl. 5	識別記号	庁内整理番号
B 63 B 43/00	Z	7018-3D
49/00	Z	7018-3D
G 01 R 29/24	C	7905-2G
G 08 C 23/00	A	6964-2F

⑭公告 平成3年(1991)3月27日

(全5頁)

⑮考案の名称 タンカー荷役時静電気監視装置

⑯実願 昭60-177523

⑰公開 昭62-86298

⑱出願 昭60(1985)11月20日

⑲昭62(1987)6月2日

⑳考案者 山根 健次 大阪府枚方市中宮北町17-6-501
 ㉑考案者 吉田 紘二郎 大阪府枚方市津田元町2-2-14
 ㉒考案者 林 慎也 東京都新宿区下落合2-21-4 RA38
 ㉓出願人 運輸省船舶技術研究所 東京都三鷹市新川6丁目38番1号
 長
 審査官 桜井 義宏

1

2

⑳実用新案登録請求の範囲

タンカー荷役時に生じる油槽内の静電界を、ポツケルス素子と光ファイバーケーブルによる電圧測定の方法を用いて計測するにあたり、電界検知器の存在により電界が乱されるのを最小限に抑えるため、円筒状絶縁体の上下を2枚の金属円盤で挟んで水密とした電界検知器の高さと直径を、円筒内部に収納されるポツケルス素子の電気抵抗と静電容量から定まる特別な値にすることにより、両金属円盤間に現れる電圧を周囲の帯電油が作る電界の強さに比例するよう工夫した電界検知器を中心に構成するタンカー荷役時静電気監視装置。

考案の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

精製油類のうち、低導電性かつ低引火点のものは、移送過程において静電気危険を伴う事が広く知られている。しかし、その帯電量を移送条件ごとに事前に予測することは、対象となる石油類が多種成分の混合物であり、移送時の各種環境条件の複雑さとあいまって、現時点ではきわめて困難である。酸素を取り除いた空気を充満させることによる防爆対策が行なわれないまま精製油類を載荷する機会の多い中小内航タンカーの場合においては、帯電油類からの静電気火花が着火爆発の原因となり得る。

本考案をこれらのタンカーに利用すれば、荷役時の油槽内の静電気に関する情報を時々刻々把握できるとともに荷役コントロール系にフィードバックすることにより、静電気に起因した災害を未然に防止することに役立てることができる。

〔従来の技術〕

油槽内の静電気情報としては、油の電荷密度、導電率、油槽内各部の電位および電界分布等がある。防爆対策の観点からは、引火性ガスが油面に接して存在するため、静電気放電による着火爆発の危険性が最も高くなる油面の電位把握が最も重要となる。従来、油面電位を測るための方法の多くは、アース電位もしくはそれと類似の導体(静電容量)を油面近傍にもち込み、アース間との電位差を直接測定していた。しかし、これらの方法で油面電位を測定しようとするれば、帯電油面近くに導体を持ち込むことになり、測定部の電場空間を大きく歪める結果測定誤差の増大を招き、また数10キロボルトにも達する可能性のある油面とアース間の火花放電による着火爆発の危険性をもたらす。

また、油面近傍に測定系を持ち込まず油面上部空間の電界を測定する従来の方式としては、回転セクターを用いる方法とアイソトープを用いた集電方式がある。これらはいずれも空気中での使用

を前提としているため、計測系を油槽内天井面に取り付けて静電場を監視しなければならないが、特に危険度が増すとされている槽内への送油開始直後には油面から計測系までの距離が離れ過ぎて(約5m)正確な油面電位を測定することが困難である。また、いずれも回転セクターや信号増幅のための動力あるいは電気エネルギーの供給が必要であり、測定対象場所が引火性ガスの存在する可能性のある高度な危険区域ということから本質安全や耐圧防爆といった大掛かりな付加的要素技術が必要となる。

このように従来技術では本考案が対象としている油槽内の静電界を安全に計測することは困難である。

〔考案が解決しようとする問題点〕

引火性ガスの存在する高度な危険区域において安全な方法で静電気監視を行うには、電圧の検出や信号伝達の過程で着火源となるエネルギー消費を伴うことのない、ポツケルス素子と光ファイバーの組み合わせによる方式が考えられる。BSO (Bi₁₂SiO₂₀) などのポツケルス素子を応用した電圧検出方法は公知の原理であり、電界あるいは磁界の測定について幾つかの実用例がある。

この種の結晶を直流電界中に置いて結晶内電界から外部電界を知る方法には原理的に次の二つの問題点がある。一つは、一般にこれらの結晶は電氣的に非常に高抵抗ではあるがほぼ完全な絶縁性誘電体である空気中に置いた場合、結晶内の電荷移動によって結晶内電界が時間とともに低下し、数十秒後にほぼゼロとなってしまうこと(これは誘電体中に置かれた導体の内部電界はゼロになるという電磁気学の定理通りの現象)である。二つ目として、結晶の誘電率が空気の数十倍と大きいことから測定場所の電場空間を乱すことになり正確な測定が出来なくなるという点である。

これを同時に解決すべきその他の問題点として、電位の高い場所にアースや大きな静電容量を持ち込まないこと、及び送油開始直後の油面位置が低い状態において計測が可能であることが挙げられる。

〔問題点を解決する手段〕

結晶が電導体であり導電により電荷を消費するという問題点に対し、非常に僅かではあるが電氣を通す性質がある帯電油の中に集電極を直接配置

し、集電極に集められた帯電油のもつ電荷が結晶内の電荷移動(導電)によって失われる電荷分を補給させることによって検出感度の低下を防止する。また、結晶の誘電率が大きいことにより測定電場空間を乱すという問題点に対しては、油と空気の誘導率の違いを利用して、集電極を配置する際に排除する油の持つ静電容量と、排除された後に占める空気部分の持つ静電容量の差を結晶の静電容量に振り当てることにより解決する。

また、この集電極を油槽内底面に設置することにより、送油開始直後の油面位置が低い場合においても計測が可能となる。そして、油面電位は、油槽内の任意の底面における電界の計測値と、油槽形状と油面高さの情報から解析的に推定できる。

〔作用〕

本考案の電界検知部が設置される油槽内底面は海水を通してアースされており、底面近傍には帯電油により槽内平行電界E(等電位面が底面に平行)が形成されている。この状態を例に電界測定の原理を説明する。今、仮に底面からの高さhの油中に底面と平行に厚みの無視できる薄い平板をなんの支えもなしに置いたとすると、平板にはE×hの電圧(底面の電位をゼロとする)がかかることになる。基本的にはこの電圧が測定できれば電界の強さを知ることができるが、この場合、測定系の入力静電容量はゼロでなかつ入力インピーダンスは無限大という現実にはあり得ない条件でなければ電圧降下という測定誤差を引き起こしてしまう。油の誘電率をε(貨物油である石油系炭化水素では、空気や真空中の値のほぼ2倍)、平板面積をA、油の体積抵抗率をλとすると、油中に浮かべた平板は、対地静電容量がほぼε×A/hで、対地抵抗がほぼλ×h/Aという電気特性を持つことになる。そこで、この平板を支える偏平な円筒状(ドーナツ状)絶縁体を想定し、その内部空間(空気)の電氣的特性(誘電率が油の1/2、抵抗率無限大)と絶縁材料である円筒状物質の電氣的特性(誘電率が油と等しく抵抗率は油に対し桁違いに大きいものを選択できる。例えばテフロン)の関係を利用し、その物理的寸法を適切に選ぶことにより、内部に収納される電圧測定系(主に電極の貼られた結晶)を含めた電界検知部全体の静電容量と対地抵抗を、支えの無い平

板を油中に浮かべた場合のものと一致させることができる。このことにより電圧降下や電圧上昇といった測定誤差を著しく少なくすることが可能となる。また平板がE×hに近い電位を保持することにより電場（等電位面）の歪みを最小限に抑えることができる。

こうして得られた油槽内の代表的な一点の電界強さから送油中の静電気危険度を評価するには、被測定電界と油面電位との関係をあらかじめ知っておく必要がある。電位ゼロの壁面で閉ざされた油槽内に帯電した油が存在する時の槽内各点における電位は、油の電荷密度が一様であるとする、ポアソンの方程式を数値的に解くことにより求められる。電荷密度と電位分布は線形関係にあるため、この数値解の分布形状は電荷密度の影響を受けず、油槽形状と油面位置のみによつて一義的に定まる。従つて、対象とする油槽について、各油面高さsと底面計測点における電位の比aを表す曲線を上記の数値計算により予め求めておけば、最大油面電位は計測電位aを乗ずることにより求めることができる。

〔実施例〕

第1図は、精製油類の陸上施設と船舶間の移送過程における静電気危険度を予測するためのシステムの実施例を概念的に示したものである。今、陸上側のポンプによつて陸上タンク群から3のカーゴオイルラインを通して1の電界検知器が設置された油槽内に油が送られている状態を考える。2のモニターが置かれている場所はカーゴオイルコントロールルームと呼ばれる特別な部屋であり、ここには各槽内の油面高さやオイルラインのバルブの開閉状態が監視できるようになっている。この部屋の2のモニターから4の光ファイバーによつて送られる近赤外光線（波長がほぼ一定なエレクトロルミネッセンス光がよく用いられる）は、1の電界検知器内に収納された偏向素子、ポツケルス素子、1/4波長板、検光素子といった光学素子により、検知器設置部の電界強さに応じてその強度が変調され、再び4の光ファイバーを通して2のモニターに帰る。カーゴオイルコントロールルームは非防爆区域であり、ここで強度に変調を受けた光は2のモニター内で電気信号に変えられる。油面電位は、計測電位に別途計測される油面高さに応じた係数a（数値計算から求

められた測定部電位と油面電位の比) を乗じた値として表示される。監視員はこの表示電位が所定の危険水準（真の危険水準を安全率で除したものに）に達すると6の連絡網を通じ陸上ポンプの停止といった処置がとられる。

本考案の主要部分であり、ポツケルス結晶の収納を兼ねている電界検知器（上下の金属平板と円筒状絶縁物および内部の測定系で構成）を第2図に示す。内部には電圧検出素子として2mm×2mm×2mm角程度のポツケルス結晶が収納され、結晶の対面する2面に結晶電極が貼られ、それぞれの結晶電極は集電極と油槽底面に接触アースされた底部平板に導線により接続されている。

次に、本考案の重要なポイントである電界検知器の各構成寸法の決定方法を具体的な数値を用いて説明する。第2図中に等価回路として示してあるように、電界検知器設置後の電場がその設置以前と同じであるためには、電圧感応結晶の抵抗R3と検知器を配置する事によつて排除した油の持つ抵抗（λ×h／絶縁体の外径内の面積）を等しくすればよい。即ち、結晶の体積抵抗率をλ₂、結晶電極間距離をh₂、結晶電極面積をA₂、円周率をπとすると絶縁体外径d₂は次式で表わされる。

$$d_2 = \left\{ (4 \times \lambda \times h \times A_2) / (\pi \times \lambda_2 \times h_2) \right\}^{1/2} \quad \dots(1)$$

もう一方の設計要件である静電容量の等価性は、絶縁体と油の誘電率が等しいことから、油の誘電率と空気の誘電率の差と絶縁体の内径分の面積との積をhで除した値（排除された油の静電容量に当たる）を結晶の静電容量C3と等しくすることにより保たれる。油の誘電率と空気の誘電率の比は2であるから、結果的には円筒状絶縁体中空部分の静電容量C5と結晶の静電容量を等しくおけばよいことになり、結晶の誘電率をε₂、結晶電極間距離をh₂、結晶電極面積をA₂とすると絶縁体内径d₁は次式で表される。

$$d_1 = \left\{ (8 \times \epsilon_2 \times A_2 \times h) / (\pi \times \epsilon \times h_2) \right\}^{1/2} \quad \dots(2)$$

帯電油の体積抵抗率が結晶の体積抵抗率の100倍、結晶の誘電率が油の誘電率の30倍、結晶電極が2mm角、集電極の高さhが結晶電極間距離の15倍（集電極高さ30mm、結晶電極間距離2mm）という現実的な条件に対して、d₁=67mm、d₂=87mmが得られる。

監視対象となる油の体積抵抗率はかなりの幅があることから第2図のB部に示すように集電極を絶縁体外径より大きくすることにより、監視対象油種の違いによる感度変化を緩和している。つまり、集電極全体の面積から絶縁体の円筒外径断面積を差し引いた部分（円筒から外周にはみ出した傘にあたる部分）に油が入るため、集電極全体の対地抵抗はこの部分の油の抵抗（監視対象が変わる毎に変化する）が並列に加算されることになり、結晶の抵抗が固定していることによる感度変化が緩和される。このことを具体的に示すため、例えば上記の絶縁体外径87mmに対して集電極の外径が面積比で倍に当たる123mmの場合を考える。対地抵抗が $10^{12}\Omega$ （これは集電極高さが30mmの場合、設計値の油の抵抗率 $1.98 \times 10^{14}\Omega \cdot cm$ に相当する）の集電極に $1 \times 10^{13}\Omega \cdot cm$ の油が入ってきたとすると全体の対地抵抗は本来 $2.52 \times 10^{11}\Omega$ でなければならないがここでは $3.33 \times 10^{11}\Omega$ となりその違いは1.3倍程度である。一方、集電極外形も絶縁体外径と同じ87mmであった場合、同様な油が入ってきたとすると全体の対地抵抗は本来 $5 \times 10^{11}\Omega$ でなければならないところ $10^{12}\Omega$ となりその違いは2倍となる。

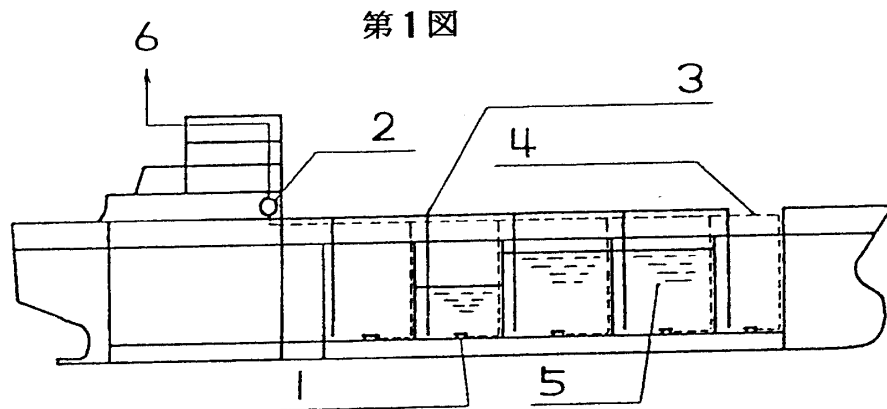
なお、本考案では、第2図中のA部に示すように空気溜まりを設けて沿面距離を増やすと共に絶縁体の表面が直接油にふれない部分を作り、油中

に混じった水分が絶縁体表面に付着することによる絶縁性の低下をふせぐ工夫が施されている。

図面の簡単な説明

第1図は、本考案になる装置のタンカーにおける配置を示した概念図である。
 図中1は電界検知器、2はモニター、3はカーゴオイルライン、4は光ファイバー、5は精製油を示し、6は陸上施設への連絡網へ続くことを示す。第2図は、本考案になる電界検知器の等価回路図と断面図である。

図中R1は油と集電極間の抵抗、R2は集電極とアース間の絶縁体内抵抗、R3は集電極とアース間の電圧感応結晶内抵抗、R4は集電極とアース間の油の抵抗、R5は集電極とアース間の結晶表面抵抗、R6は集電極とアース間の絶縁体外面の表面抵抗、R7は集電極とアース間の絶縁体内面の表面抵抗、C1は油と集電極間の静電容量、C2は集電極とアース間の絶縁体静電容量、C3は集電極とアース間の電圧感応結晶静電容量、C4は集電極とアース間の油の静電容量、C5は集電極とアース間の空間静電容量であり、7は電圧感応結晶収納部、8は光ファイバー取出口、9は集電極、10は円筒状絶縁体、11は集電極径、12は絶縁体外径、13は絶縁体内径、14は集電極高である。



第 2 図

