絶縁ガス等のガス密度を高い精度でのモニタリングを可能にした「リファレンスガスチャンバー方式」

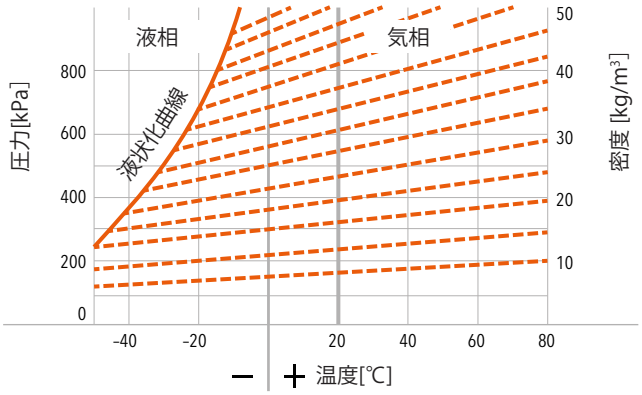
「リファレンスチャンバー方式」によるガス密度モニタリングは、1980年代にトラファグが開発し特許を取得したもので、高電圧を扱う電力業界で絶縁ガスのガス密度モニタリングの業界標準となっています。電力業界からの「信頼性」「精度」「安定性」「耐久性」等の高い要求を満たすためには、このリファレンスチャンバー方式のもつ完全な温度補償の原理が最も適しています。

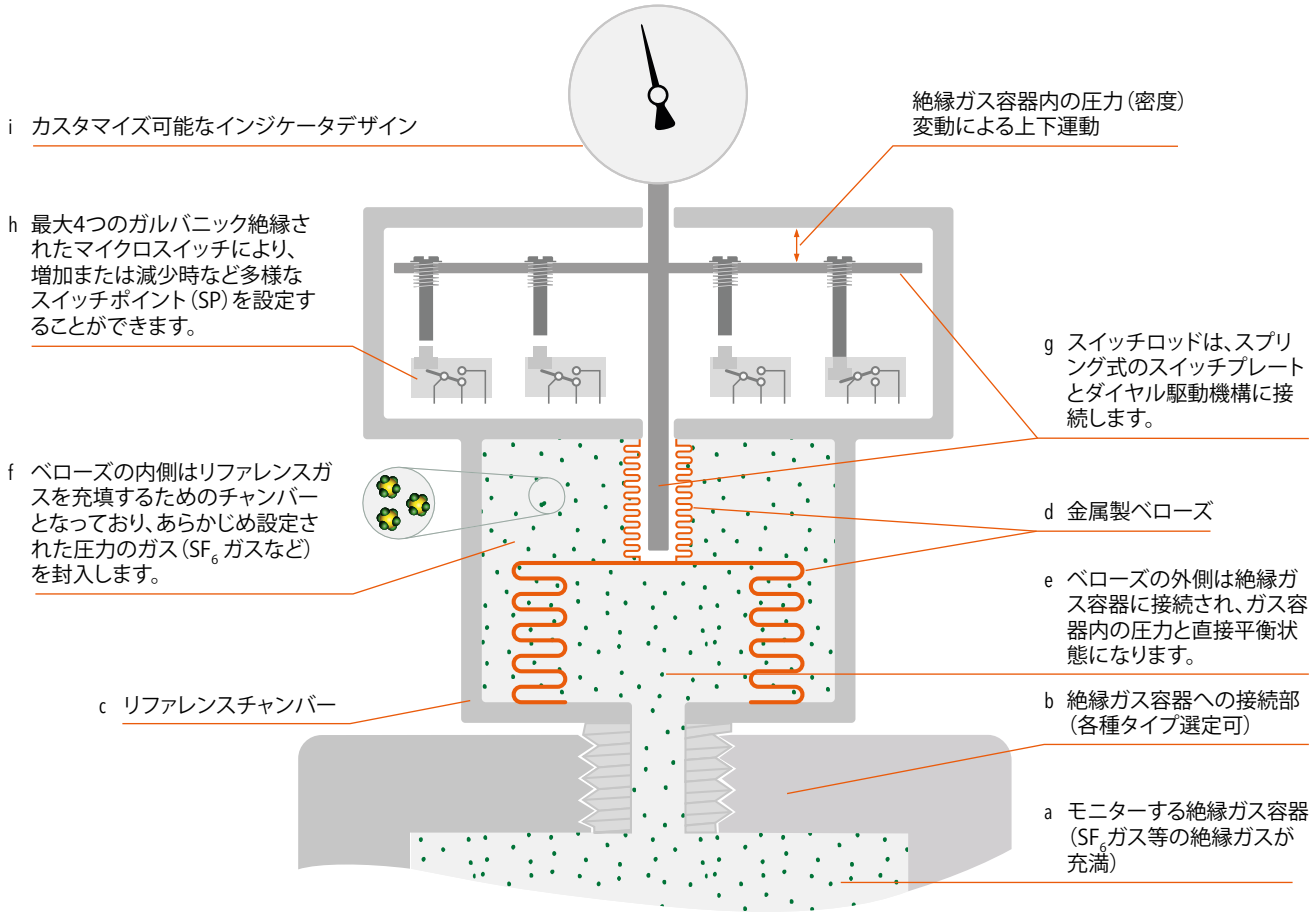
コンパクトなガス絶縁開閉装置(スイッチギア):トラファグのガス密度モニターを使用することで、個々の絶縁ガス容器を最小化することが可能です。

ガス密度モニタリング:温度補正は必須

密封されたガスは「圧力」「密度」「温度」が相関関係にあり、この関係は特定の絶縁ガスごとにアイソコア(等容変化)によって定義されます。そして絶縁ガスの絶縁性能は、特定の温度で特定の圧力をもたらすガス密度によって発現されます。 気密性の高い絶縁ガス容器では、ガス密度は常に一定ですが、温度の変化により容器内の圧力は変動してしまいます。

蒸気圧曲線:SF_6 の等価ガス密度





リファレンスチャンバー方式の原理：リファレンスチャンバー（c）は、ユーザーの仕様に対応したリファレンスガスが、あらかじめ正確に定義されたガス量で充填されています（f）。リファレンスチャンバーの中にはベローズ（d、e）があり、図の下側からモニタリングする絶縁ガス容器内の絶縁ガス（a）で加圧されています。ガス密度または圧力に応じてベローズが動き、それに因りユーザーの設定したセットポイントでマイクロスイッチ（h）をオン・オフします。リファレンスガスと絶縁ガス容器内の絶縁ガスはベローズを介して熱平衡状態となり同じ挙動を示すため、温度変化はモニタリングに影響を与えません。 リファレンスチャンバー方式がガス密度モニタリングに最適であると言える所以となります。

リファレンスシステムによる完全な温度補正により、絶対的な密度のモニタリングが可能に

ガス密度モニターは通常、プロセス接続 (b) で高電圧機器の絶縁ガス容器 (a) に直接取り付けられます。Trafag のガス密度モニターは、ユーザーの仕様に対応した絶縁ガス（リファレンスガス）で満たされた一体型の金属製ベローズ (d) を備えたリファレンス チャンバー (c) 方式を採用。金属製のベローズを介して、機器のガス容器内絶縁ガスとリファレンスチャンバーに充填された絶縁ガスが熱平衡状態となります。 周囲温度の変化は、機器のガス容器内の圧力変化と同程度の影響を、リファレンスチャンバー内の圧力にも影響を与えます（定容時の状態変化）。 その為、ガス圧力に対する温度の影響は本質的に補償され、周囲温度が変化しても非常に正確なガス圧力 @ 20 °C（密度に準ずる）がインジケータに示されます (i)。周囲温度の変化によってスイッチが誤作動することはありません。 高電圧機器のガス容器とリファレンスチャンバーは密閉構造です。その為、気圧変化（天候や高度の変化）も影響を受けません。したがってリファレンスチャンバー方式はガス密度の絶対的なモニタリングを可能にします。

ベローズセンサーが直接マイクロスイッチを作動させます

モニタリング対象のガス容器内のガス圧（それに準じた密度）は、ベローズの外側の空間（e）を介して、ベローズの内側の空間（f）に封入されたユーザー仕様に対応したリファレンスガスと比較されます。ガス容器内の密度が変化すると、ベローズセンサーはスイッチロッドとばね仕掛けのスイッチプレート（g）を通じて最大で4つのマイクロスイッチ（h）を作動させます。それぞれのマイクロスイッチは、圧力上昇または低下に対して設定して出荷するので、密度があらかじめ設定したスイッチポイントを超えるとマイクロスイッチは段階的に作動します。スイッチポイントの正確さは製造後に-25℃、+20℃、50℃の雰囲気温度で試験しています。

過酷な屋外環境で使用するために

機器のガス容器内のガス圧力(a,e)がガスの漏洩などにより低下すると、リファレンスチャンバー内に密閉されたリファレンスガスの圧力(f)に因り、スイッチプレートとスイッチロッド(g)は下降します。
機器のガス容器内のガス（a）とリファレンスリガス（c）の温度均衡に影響を与える様な局所的な環境条件の場合、例えば強烈な直射日光や、急激に変化する極端な気象条件下の屋外用途では、オプションの防熱カバーが温度均衡を守ります。

スイッチ動作の一例

トラファグガス密度モニターのスイッチ動作について説明します。

- 機器のガス容器内の条件：絶縁ガス圧力（密度）：6.1 bar abs. @ 20℃、$SF_{6ガス}$
- SP1: 5.7 bar abs. @ 20 ℃（下降時）：絶縁ガス補充のための警報
- SP2: 5.5 bar abs. @ 20 ℃（下降時）：緊急停止のための警報
- SP3: 5.5 bar abs. @ 20 ℃（下降時）：緊急停止警報の冗長化用
- SP4: 6.4 bar abs. @ 20 ℃（上昇時）:絶縁ガス過圧警報
- ガス密度モニターのリファレンスチャンバー内の条件（SP1設定値に準拠）：5.7 bar abs. @ 20℃, SF_6ガス密封

マイクロスイッチ①：絶縁ガス補充のための警報
圧力が最初の設定値（SP1）の 5.7 bar abs.@ 20℃ を下回ると、１つ目のマイクロスイッチが作動し、最初の警報が発信されます。一般的に最初の警報は、機器のガス容器内に絶縁ガスを再充填する必要があることを示します。

マイクロスイッチ②③：緊急停止のための警報
警報①よりさらに圧力が低下した場合（例：5.5 bar abs. @20℃以下）、一般的には機器の緊急停止用の警報として冗長化させた２つのマイクロスイッチ（SP2およびSP3）が作動します。この時点では、もはや機器の操作上および機能上の安全性は保証されない状態です。

マイクロスイッチ④：絶縁ガス過圧状態の警報
4つ目のマイクロスイッチ（SP4）は、例えば、圧力コンパートメントの再充填時に不要な過圧状態を監視するために使用できます。圧力値が6.4 bar abs. @20 ℃を超えると、マイクロスイッチが作動し、加圧状態を知らせる警報を発信します。

リファレンスチャンバー方式は、次のトラファグ製品に採用されています。

ガス密度モニター

リファレンスガス比較に基づくSF_6および代替絶縁ガス密度の絶対値モニタリング

トラファグのガス密度モニターは、リファレンスチャンバー方式を採用している為、温度変化の影響を受けないので温度補償は不要です。また電気機械式スイッチのため、圧力（密度）の変動によるベローズの動作力のみで作動するので電源不要、スイッチポイントの再校正も不要、メンテナンスフリーで使用できます。なお使用温度範囲は-60℃～+80℃になります。

- 87x6
  タイプ　標準仕様（電気機械式スイッチ型、電源不要）
- 87x8
  タイプ　寒冷地仕様（電気機械式スイッチ型、電源不要）

ハイブリッド型ガス密度モニター

SF_6および代替絶縁ガスの密度を機械的に監視し、電子的に測定する複合型。

ハイブリッド型ガス密度モニターは、電気機械式のスイッチ機能に水晶振動子を用いたガス密度センサー機能を付与したコンパクトな複合計測器です。従来の堅牢なスイッチ機能とインジケータによるアナログ表示を備えたガス密度モニターに、　ガス密度センサーからの連続的な出力信号により、ガスの管理やトレンド分析に最適です。

- 878x
  タイプ　アナログ電流出力センサー付
- 879x
  タイプ　デジタルRS485/Modbus出力センサー付

トラファグ - ハイテクセンサーカンパニー

トラファグは1942年にスイスで設立され、世界40以上の国と地域で幅広い販売・サービスネットワークを持っているグローバルカンパニーです。高・中電圧スイッチギアにおけるSF_6および代替絶縁ガスのモニタリング用として、正確さと堅牢さを兼ね備えたメンテナンスフリーのガス密度モニターを開発、製造、販売しています。　トラファグのガス密度モニターは、非常に正確で耐衝撃性に優れ、他社にない幅広い温度範囲でガス密度のモニタリングが可能です。　さらに、圧力と温度のモニタリング分野で幅広い製品ポートフォリオを持ち、すべての主要部品を自社開発、製造できるトラファグなら、試作から量産までの対応が可能です。そして ISO 9001による厳しい品質管理とクリーンルーム環境下の最先端の生産施設、厳密に管理された生産プロセスにより、トラファぐ製品は世界の最高品質基準を満たしています。

世界の電力業界のニーズに適した機器
トラファグのガス密度モニターおよびセンサーは、スイスの高い品質基準に準拠した耐久性と信頼性を持ち、そして世界の電力業界の最新のニーズに合わせたイノベーションにも対応しています。　したがって、私たちはコンサルティングおよびエンジニアリングサービスを提供し、お客様のニーズに最適な機器を提案することができます。
直接お問い合わせください。

Trafag AG　または, Industriestrasse 11, 8608 Bubikon (スイス)
trafag@trafag.com｜www.trafag.com または

株式会社 Trafag Japan (トラファグジャパン)
東京都港区芝大門2-13-5
電話番号 +41 44 922 32 32 または(03) 6435-7506
trafag.japan@trafag.com