

労働改善に貢献する予防保全装置 高精度な絶縁抵抗監視の自動化 「絶縁抵抗監視装置 IRS」

株式会社竹中電機 開発部 事業開発課 太田信治

1 はじめに

従来、電動機などの絶縁抵抗値を測定する際には、人手で測定を行うメガテスタが使用されているが、設備や台数が多い場合には、測定部

の取外し作業に膨大な時間および工数がかかってしまう。また、絶縁不良を原因とした漏電による工場火災事故が発生する事例もあり、対策が望まれている。

絶縁抵抗値を監視する方法として、漏えい電流方式の絶縁監視装置が市場にはあるが、漏えい電流方式は測定精度の面で課題があり、監視対象の交換時期を見極めるのがむずかしい場合があった。

そこで当社では、上記課題を解決するために、測定精度の高いメガテスタと同等で電気設備技術基準による法令に準拠しているメガ方式において、自動で絶縁抵抗を測定する絶縁抵抗監視装置（以下、「本装置」または「IRS」）を開発した。

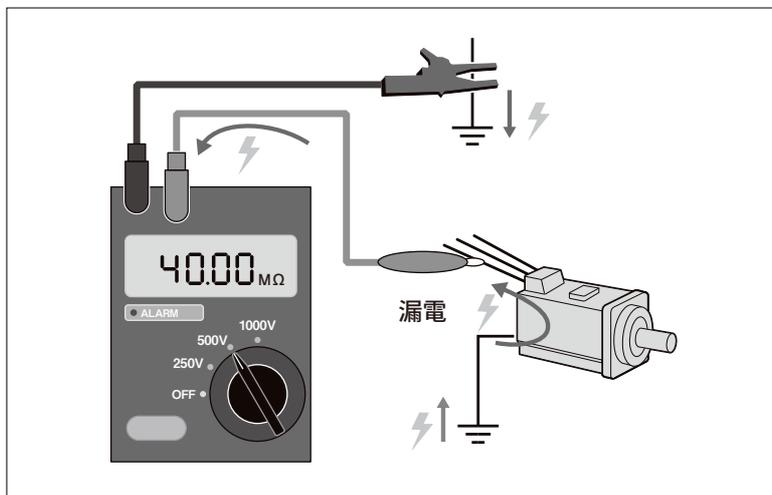
本装置は設備点検の自動化という観点から、工場の IoT、ひいては DX の実現を支援する。

図表—1 に本装置の外観を示す。

図表—1 絶縁抵抗監視装置 IRS シリーズ



図表—2 メガテスタの測定イメージ



2 従来の絶縁抵抗測定

2.1 メガテスタ（絶縁抵抗計）による測定

図表—2 にメガテスタの測定イメージを示す。一般的に電動機等の絶縁抵抗値を測定する際は、メガテスタを使用する。測定の仕方として、測定対象を設備から切り離して試験電圧を印加する。測定対象から流れる電流と印加電圧値から、測定対象の絶縁抵抗値を

求める。接地アース側へ試験電圧を印加して絶縁抵抗値を求めるため、得られる値の精度が高い。

この手法の課題として、測定対象を設備から切り離す必要があるため、配線の取外し作業に人手が必要となる。測定対象が多い場合には、膨大な時間および工数がかかる。設備の稼働を停止させて測定する必要があるため、保全作業員の休日出勤等で点検が行われる。

また、点検頻度によっては、急激な絶縁抵抗の低下を検出できず、突発的なライン停止等を引き起こす。

2.2 漏えい電流方式による測定

図表—3 に漏えい電流方式の測定イメージを示す。通電状態の測定ラインから漏えい電流と電圧および位相を検出して、有効漏えい電流（絶縁劣化による抵抗分漏えい電流）を求める。測定対象を含む回路全体をまとめて監視することを得意とする。

この手法の課題として、回路全体をまとめて監視する分、各電動機での劣化具合を精度良く検出できず、監視対象の交換時期を見極めるのがむずかしい。また、通電中にのみ監視可能なので、非常時にのみ動く設備（発電機やポンプ）への利用には向いていない。

3 絶縁性能試験について

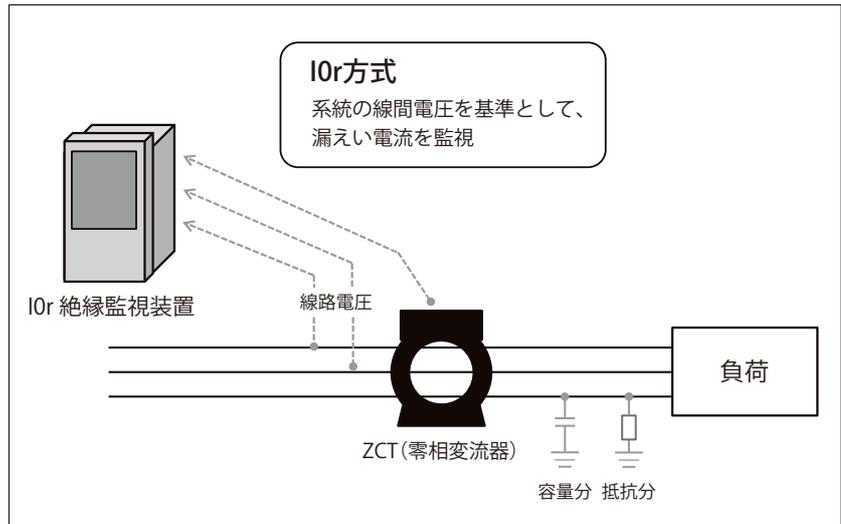
回路の絶縁性能を確認する試験として、絶縁耐力試験と絶縁抵抗試験がある。

なお、当社の装置 IRS は絶縁抵抗試験を行う装置である。

3.1 絶縁耐力試験(耐電圧試験)

絶縁耐力試験とは、使用電圧に対して規定さ

図表—3 漏えい電流方式の測定イメージ



図表—4 低圧回路における絶縁抵抗値(電気設備基準省令 58 条より)

| 回路の使用電圧の区分 | | 絶縁抵抗値 |
|-------------|---------------------|----------|
| 300V 以下 | 対地電圧*1 が 150V 以下の場合 | 0.1MΩ 以上 |
| | その他の場合 | 0.2MΩ 以上 |
| 300V を超えるもの | | 0.4MΩ 以上 |

※ 1 対地電圧…接地式電路においては電線と大地との間の電圧、非接地式電路においては電線間の電圧をいう

れた試験電圧を印加して、回路がどの程度の電圧に耐える性能があるかを計測する試験である（絶縁破壊をするかどうかを判断する）。

3.2 絶縁抵抗試験

絶縁抵抗試験とは、使用電圧に対して規定された試験電圧を印加して、回路の絶縁性が保たれているか確認する試験である。

被測定対象の設備にダメージを与えない方式であり、IRS においても、正しい回路配線により使用する場合には、人や設備に対して安全な監視が可能である。

図表—4 に示す電気設備基準省令 58 条において、開閉器または過電流しゃ断器で区切ることのできる回路ごとに、保つべき絶縁抵抗値が定められている（ただし、現場ごとに規定が決められている場合もあるため、会社の規定に沿った管理が必要である）。

図表—5 に示す JIS C-1302:2018 において、絶縁抵抗計（メガテスタ）での試験電圧とその使用例が定められている（ただし、現場ごとに規定が決められている場合もあるため、会社の規定に沿った管理が必要である）。

図表—5 定格測定電圧の使用例 (JIS C-1302 : 2018 より)

| 定格測定電圧 | 使用例 | 種別 |
|-------------|--|----------|
| 25V / 50V | ・ 電話回線用機器、電話回線回路などの絶縁測定 | 絶縁抵抗計 |
| 100V / 125V | ・ 100V 系の低電圧配電路および機器の維持・管理 ・ 制御機器の絶縁測定 | 絶縁抵抗計 |
| 250V | ・ 200V 系の低電圧配電路および機器の維持・管理 | 絶縁抵抗計 |
| 500V | ・ 600V 以下の低電圧配電路および機器の維持・管理 ・ 600V 以下の低電圧配電路の竣工時の検査 ・ 発電中の太陽電池アレイの絶縁測定 (P-N 端子間を短絡する方法) | 絶縁抵抗計 |
| | ・ 発電中の太陽電池アレイの絶縁測定 (P-N 端子間を短絡しない方法) | PV 絶縁抵抗計 |
| 1000V | ・ 600V を超える回路および機器の絶縁測定 ・ 常時使用電圧の高い高電圧設備（たとえば高圧ケーブル、高電圧機器、高電圧を用いる通信機器および電路）の絶縁測定 ・ 発電中の太陽電池アレイの絶縁測定 (P-N 端子間を短絡する方法) | 絶縁抵抗計 |
| | ・ 発電中の太陽電池アレイの絶縁測定 (P-N 端子間を短絡しない方法) | PV 絶縁抵抗計 |

できる機器および設備への利用が可能である。また、監視対象が停止状態で測定するため、ノイズにも影響されない。さらに、一度設置すれば自動で絶縁抵抗測定できるため、慣れない作業員が実施するメガテスタの点検でとくに起こりうる、誤った測定方法からの機器破損や感電事故等のリスクを防ぐことができる。

4.2 測定動作

本装置の具体的な測定動作の流れとしては、設備の運転準備信号の立下がりなどをトリガーとして、電動機が停止したタイミングで絶縁抵抗測定を開始する。測定では装置内部で装置供給電源と絶縁された試験電圧をアース側へ印加し、絶縁劣化等により機器から漏れ出る電圧を抵抗値に換算する。そして、測定した絶縁抵抗値が判定値を下回っている場合には、絶縁抵抗低下の信号を出力、かつ表示部が点滅する。

4.3 安全手段

図表—6 にセーフティ回路との接続例を示す。

開発にあたりとくに考慮した点として、安全を担保しながらメガ方式の測定を自動化するため

に、安全手段を多重に設けたことである。たとえば、電動機が駆動しているときに測定が行われないように、電動機の通電状態や外部制御機器の故障状態をチェックして、問題がある場合は試験電圧を印加しない安全機構を搭載している。また、本装置の制御回路と、測定のための電圧発生回路は、本体内部のトランスで絶縁することで電氣的に分離している。これは、万一、設備が稼働中に測定をした場合にも、本装置の試験電圧の回りこみを防ぎ、設備への影響や感電事故を防ぐためである。

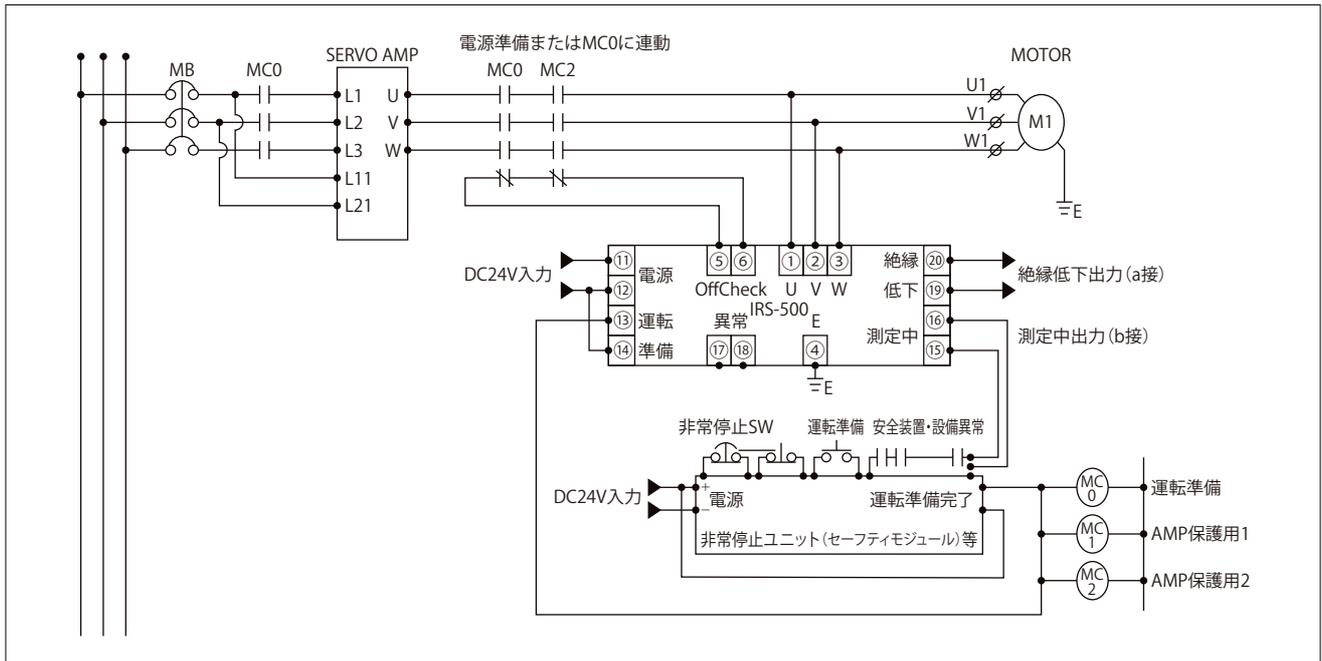
4 本装置 IRS の開発

4.1 概要

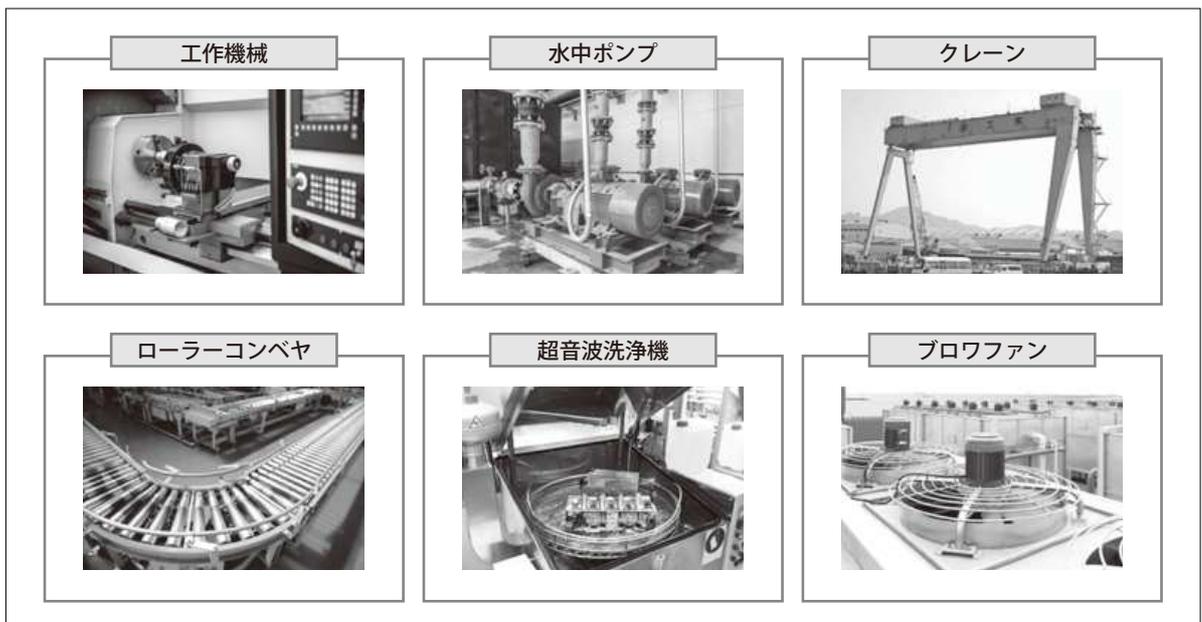
メガテスタと同等精度での絶縁抵抗監視を自動化する製品を開発した。設備が停止しているタイミングで試験電圧を印加して測定を行い、測定した絶縁抵抗値が判定値を下回っている場合は、絶縁抵抗低下の信号を出力する。

電動機の種類や容量を選ばず測ることができ、DC モータ、AC モータ、サーボ駆動、インバータ駆動等やヒータ等のメガテスタで測定

図表—6 セーフティ回路との接続例(IRS-250 /IRS-500)



図表—7
用途例



4.4 用途例

メガテスタで点検を行っている電動機やヒータ等に本装置は利用でき、**図表—7**に示すような工作機械、水中ポンプ、クレーン、ローラーコンベヤ、超音波洗浄機、ブロワファンなど業界を問わず導入できる。

4.5 本装置の種類

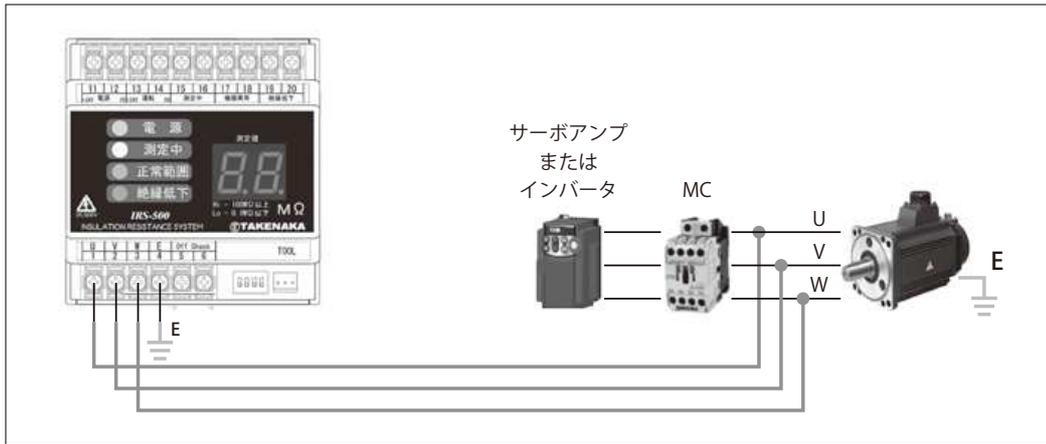
本装置の種類は2種類あり、「IRS-250/IRS-500」と「IRS-9250/IRS-9500」がある。

なお、各型式の下3桁の数字“250”“500”は、試験印加電圧の違いであり、それぞれ250Vと500Vを示す。

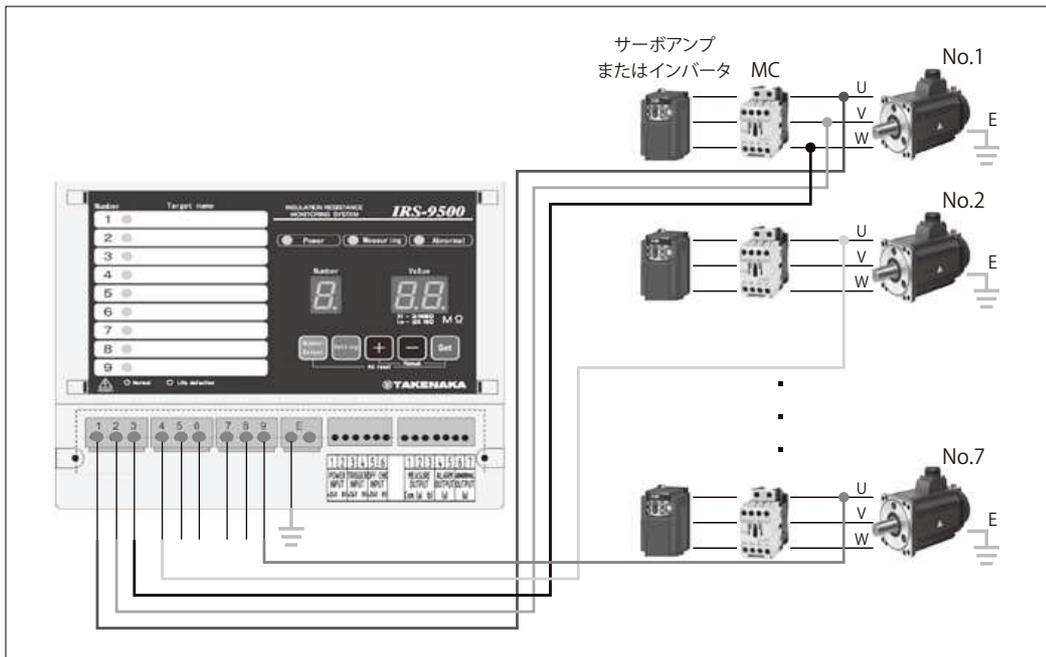
図表—8に「IRS-250/IRS-500」の接続イメージを示す。「IRS-250/IRS-500」は、1台監視用でありシンプルな運用に向いている。

図表—9に「IRS-9250/IRS-9500」の接続イメージを示す。

「IRS-9250/IRS-9500」は、最大9台まで監視可能となり、Modbus 対応、測定データの



図表—8
接続イメージ
(IRS-250/IRS-500)



図表—9
接続イメージ
(IRS-9250/IRS-9500)

| 会社名 | 当社 | | A社 | B社 |
|-----------------|-----------------|-------------------|---------|---------|
| 装置 | IRS-250/IRS-500 | IRS-9250/IRS-9500 | A装置 | B装置 |
| 測定方式 | メガー方式 | メガー方式 | 漏えい電流方式 | 低圧メガー方式 |
| 測定精度 | 良い | 良い | 悪い | 若干悪い |
| 最大監視ch数 | 1ch | 9ch | 2ch | 8ch |
| RS-485 (Modbus) | × | ○ | ○ | ○ |
| 費用 | 小 | 中 | 中 | 中 |
| 測定状態 | 停止時 | 停止時 | 稼動時 | 停止時 |

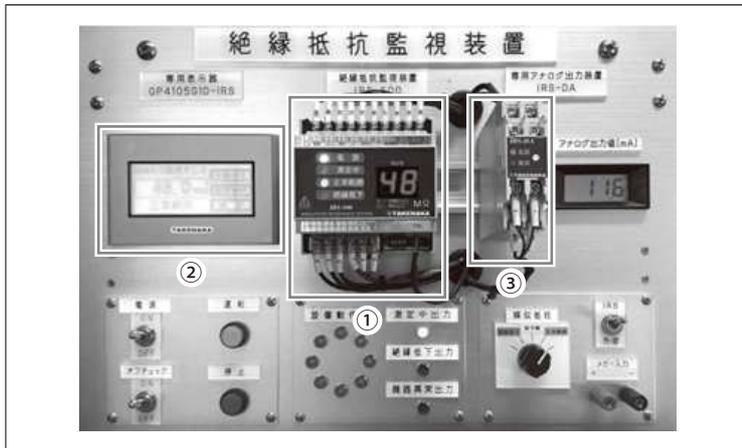
図表—10
他社製品との比較

CSV 出力など、より幅広い運用が可能となっている。

図表—10 に他社製品との比較を示す。測定精度の高いメガテスタと同等で、電気設備技術

基準による法令に準拠しているメガー方式で測定を自動化できる装置は、当社調査の範囲では類例がない。

図表—11 IRS-500 本体およびオプション品(画像はデモ装置)



図表—12 IRS-9500 本体



4.6 特許技術

- ・特願 2016-60715 特許第 6373296 登録済
発明の名称：

「絶縁抵抗監視装置およびその監視制御方法ならびに電動制御機器」

特許権者：株式会社竹中電機

- ・特願 2020-66238 出願中
発明の名称：

「絶縁抵抗監視装置およびその監視制御方法ならびに電動制御機器」

特許権者：株式会社竹中電機

5 型式 IRS-250/IRS-500 特徴

5.1 本体

IRS-250/IRS-500 は 1 台監視用である。図表—11 に本体およびオプション品を示す。図表の①が本体、②が表示器、③がアナログ出力装置である。

5.2 専用表示器(オプション品)

タッチパネル式の表示器となっており、制御盤外からの抵抗値把握が可能であり、測定履歴の管理、詳細な本体設定機能など、現場環境に合わせた予防保全が可能となる。

5.3 アナログ出力装置(オプション品)

測定した絶縁抵抗値をアナログ値 (4-20mA) で出力するオプション装置であり、PLC などへ

取り込むことで IoT 等へ活用することができる。

6 型式 IRS-9250/IRS-9500 特徴

6.1 本体

図表—12 に IRS-9500 本体を示す。IRS-9250/IRS-9500 は最大 9 台までの電動機等が監視可能である。Modbus 対応、測定データの CSV 出力など、より幅広い運用が可能となっている。測定ログを最大 2000 件まで保存でき、傾向監視として活用できる。

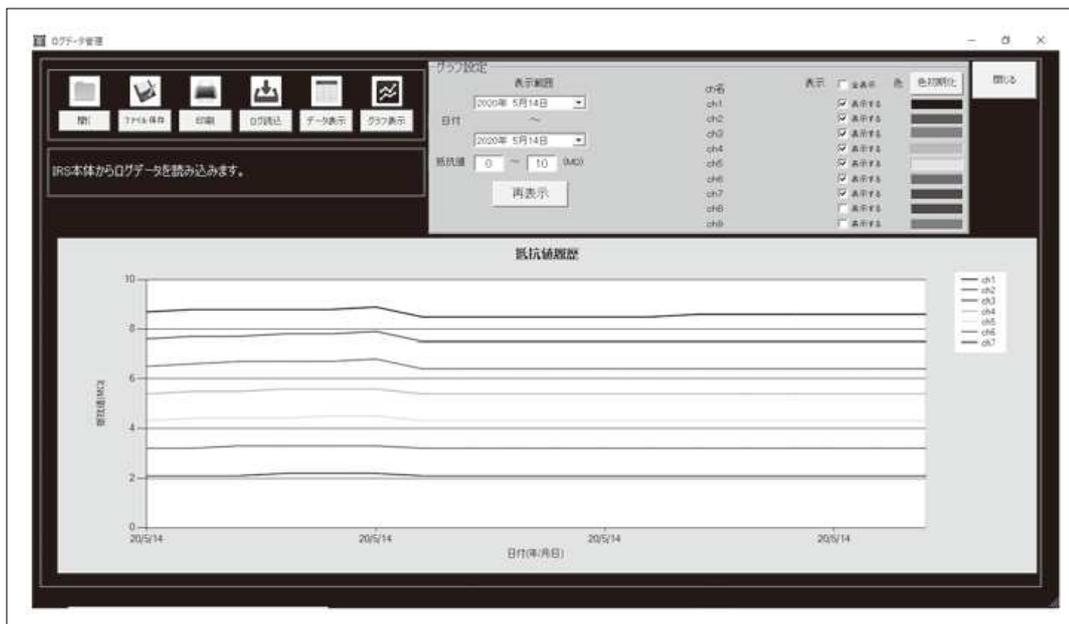
6.2 設定ツールソフト(本体付属品)

本装置は USB ケーブルを経由して PC と接続して設定ツールソフトを用いることにより、IRS のパラメータ変更や収集したデータを表示、CSV ファイルとして保存することができる。

図表—13 に測定データのグラフを示す。図表—13 の縦軸は測定値 [MΩ] で横軸は日付である。日時範囲を指定して表示することができる。また、測定データは CSV 形式で出力することができ、データの見える化や傾向管理に役立つ。

6.3 専用表示器(オプション品)

図表—14 に IRS-9250/IRS-9500 の専用表示器を示す。タッチパネル式の表示器となっており、制御盤外からの抵抗値把握が可能であり、測定履歴の管理、詳細な本体設定機能など



図表—13
IRS-9250/IRS-9500
設定ツールソフト
測定データのグラフ

図表—14 IRS-9250/IRS-9500 専用表示器



現場環境に合わせた予防保全が可能となる。最大 16 台の IRS-9250/IRS-9500 が一括で管理可能となる。

6.4 集中管理ソフト(オプション品)

図表—15 に集中管理ソフトのシステム構成例を示す。本ソフトをパソコンにインストールして利用することにより、IRS 本体のデータを収集してモニタ表示やパラメータ設定等を行うことが可能。IRS を最大 32 台まで管理することができ、監視対象としては最大 288 台となる (9ch × 32 台)。接続としては、本装置および表示器間は RS-485、表示器およびパソコン間は Ethernet で接続を行う。

図表—16 に集中管理ソフト画面を示す。異常が発生した設備を瞬時に把握することができるため、予防保全を行うことができる。

7 導入事例

導入事例として、自動車メーカーの工作機械へ IRS を取り付けたい例を紹介する。

7.1 導入背景

工作機械が動かなくなり原因を調査したところ、スピンドルモータの絶縁が落ちており内部のコイルが焼損していた。絶縁劣化の原因は切削油の混入とオーバーホール品で耐久値が低かったことだと推定され、他にも同内容で稼働しているものもあり、対策をする必要があった。

7.2 IRS 導入前

機械が故障してから修理交換を行っていた。故障が重なると対応に追われ、その日の生産数等にも影響を及ぼしていた。

7.3 IRS 導入後

設備の運転準備をトリガーに、始業前に絶縁抵抗を測定するようにして、閾値以下であれば異常通知を出し稼働しないようにした。オプ

ションのタッチパネルにある前予報の機能で劣化兆候を知らせて突発停止の前に計画的な保全をするようにできた。

実際につけた設備で何回か絶縁劣化の予兆を検出しており、故障してから対応することを比較すると、計画的な予防保全をすることができ生産性が向上した。また、タッチパネルを見れば状況が把握できることで、管理の面でも現場の手間が削減された。

図表—17に導入の費用対効果を示す。設備が突発で止まってしまうと交換工数や工程への影響で何十万のロス発生すること、測定のために配線を外してなどの作業の手間を想定すると、導入の費用対効果は期待できる。

8 期待される社会的効果

本装置を導入することで、「労働改善」や「工場トラブルの防止」が期待できる。

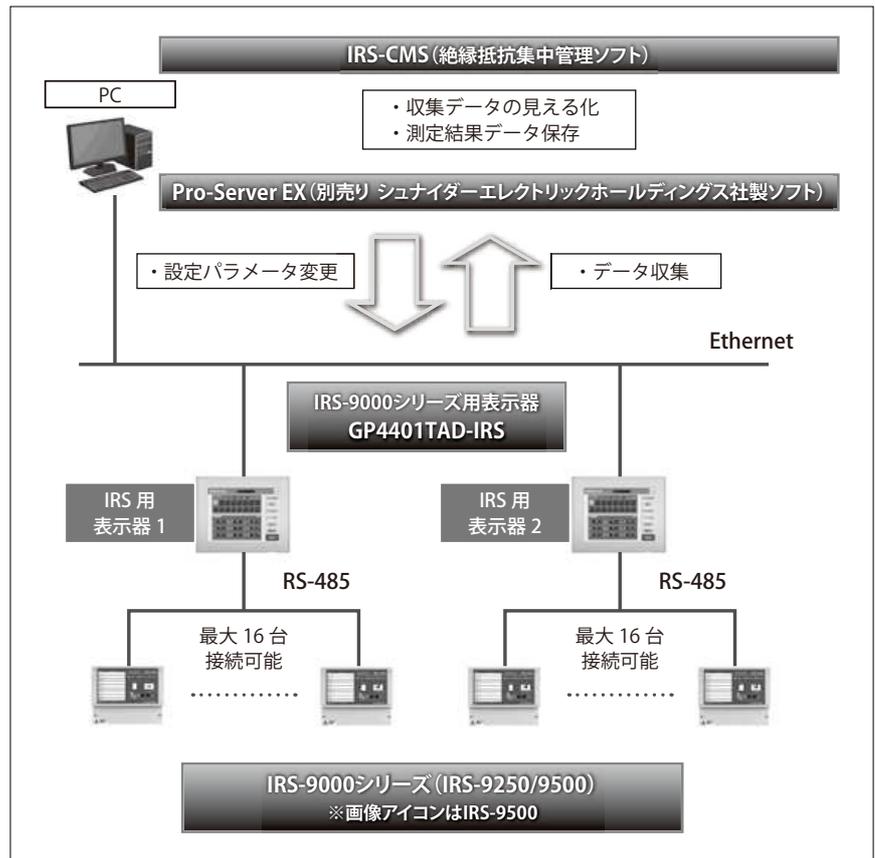
工場の多くの設備に電動機（モータ）が使われており重要な動力源でもある。

これらの設備の定期点検に

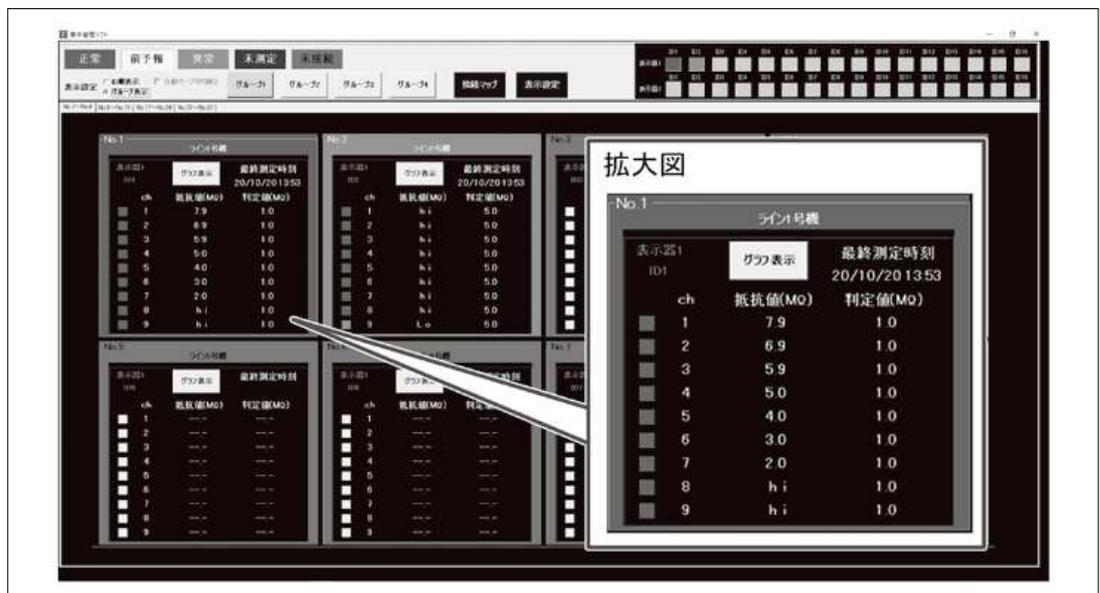
おいては設備が稼働していない休日に保全作業員が膨大な数の点検を行う必要があり、本装置の導入によりこの手間とコストが大きく押さえられ、働き方改革にも大きく貢献できる。

工場トラブル防止に関して、本装置を導入することで電気設備の絶縁不良に起因する突発的

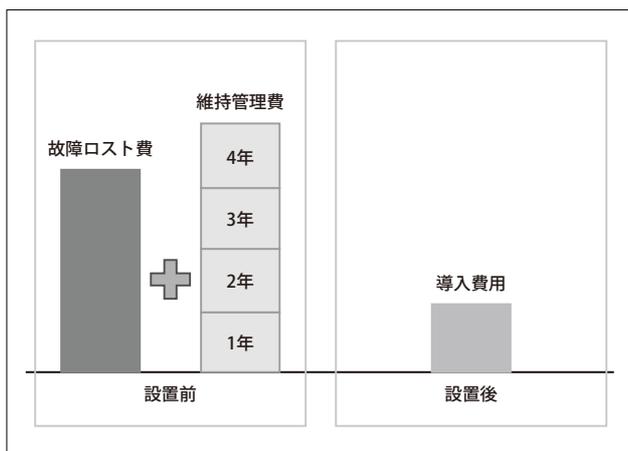
図表—15 IRS-9250/IRS-9500 集中管理ソフト システム構成例



図表—16 IRS-9250/IRS-9500 集中管理ソフト 画面



図表—17 費用対効果



な製造ラインの停止を防ぐことができ、計画的な設備のメンテナンスが行えるため、高価な設備の予備部品を在庫する必要がなくなる。また、絶縁抵抗低下を起因とした漏電から大規模な工場火災に至る事故もあり、守るべき従業員に危険が及ぶだけでなく、重要なサプライチェーンの部品供給に大きな支障となり経済にも影響を与えてしまう。本装置を導入することで、絶縁

抵抗低下の兆候をいち早くつかめるため、事故を未然に防ぐという工場全体の予防保全をすることができる。

9 将来性

測定精度の高いメガテスタと同等で、電気設備技術基準による法令に準拠しているメガー方式で測定を自動化できる装置は、当社調査の範囲では類例がなく、市場は大きい。また、自動車業界を中心に納入実績があるが、近年に至っては製鉄やプラント関連、化学薬品などの他の業界にも納入しており、絶縁に起因する故障の多い設備の監視からスモールスタートし効果を実感していただいているお客様が増えている。

本装置は、業界を問わずメガテスタで点検を行う電動機やヒータ等に利用できるため、工場における予防保全やIoT、DXの取組みとして今後の活躍が期待できる。