

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

資産設備に対して点検・保全のワークオーダーを発行し、点検・保全結果を設備情報データベースに保管する設備管理支援システムであって、

前記資産設備とその周囲の状態を網羅的に把握し数値化しヘルスインデックスとして記憶するヘルスインデックスデータベースと、把握したヘルスインデックスを前記資産設備の実設備状況とし、前記資産設備設置時または前回点検・保全時の状態から推定した保全期待効果との比較により、前記資産設備状況の差分を判定する比較演算機能と、ベテラン作業者の作業ナレッジを取得して記憶する作業ナレッジデータベースと、前記作業ナレッジまたは前記資産設備状況の差分に応じて、前記点検・保全の作業変更点を抽出し、前記設備情報データベースに反映させる保全プロセスアップデート機能、前記点検・保全の作業変更点を記憶した前記設備情報データベースの情報をを用いて点検・保全のワークオーダーを発行するワークオーダー発行機能を備えることを特徴とする設備管理支援システム。

10

【請求項 2】

請求項1に記載の設備管理支援システムであって、

前記資産設備とその周囲の状態を網羅的に把握し数値化したヘルスインデックスとして、設置環境、気象情報、音響または画像の情報のすくなくとも1つを含むことを特徴とする設備管理支援システム。

【請求項 3】

請求項1に記載の設備管理支援システムであって、

前記ヘルスインデックスデータベースは、前記資産設備についてその構成部位、前記ワークオーダーに記載の点検項目、ならびに前記網羅的に把握し数値化したヘルスインデックスを保有し、横断的な検索を可能としていることを特徴とする設備管理支援システム。

20

【請求項 4】

請求項1に記載の設備管理支援システムであって、

前記保全プロセスアップデート機能は、前記作業ナレッジまたは前記前記資産設備状況の差分の原因究明により資産設備の点検・保全仕様の見直しが必要と判断した場合に見直しの必要性を提示し、前記設備情報データベースは見直し後の承認された内容を取り込むことを特徴とする設備管理支援システム。

【請求項 5】

請求項1に記載の設備管理支援システムであって、

前記保全プロセスアップデート機能は、前記作業ナレッジまたは前記前記資産設備状況の差分の原因究明により、あるべき点検・保全作業プロセスの新規定義が必要と判断した場合に、新たな改善プロセスを作成して前記設備情報データベースに取り込むことを特徴とする設備管理支援システム。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、設備管理支援システムに係り、特に現場設備の状況などに応じて点検内容が変更可能に運用される設備管理支援システムに関する。

40

【背景技術】**【0002】**

近年、企業等においては自己保有資産である各種設備の点検・保全作業等を通じて製品品質の向上を図り、かつ設備の延命化を図る目的で、IT化された設備管理支援システムを導入する事例が増大している。

【0003】

IT化された設備管理支援システムとしては、例えばEAM(Enterprise Asset Management:企業資産管理、設備資産管理)システムが知られている。現行のEAMシステムは、点検・保全作業を円滑に行う為に設備情報管理データベースを備えて、点検・保全作業の対象となる設備の情報、点検項目情報、点検時期情報、

50

点検結果情報、保全情報などを保有する。また点検・保全時期に至った時に、メンテナンス作業（点検・保全作業）の枠組みを規定したデータ（メンテ手順データ）を作成し、ワークオーダーのテンプレートとして管理する。テンプレートには設備ごとの点検・保全インターバル、点検・保全項目、管理値などの規定が格納、記述されている。

【 0 0 0 4 】

現場の各種設備を管理する作業員は、EAMシステムが発行したワークオーダーのテンプレートに記載の内容に従い、指定時期に指定設備の指定箇所の点検・保全を実行し、その結果を（多くの場合に）電子化されたテンプレートにデータ反映し、EAMシステムにフィードバックして記憶する。

【 0 0 0 5 】

EAMシステムを導入した事例として、以下のものが知られている。

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 は、上下水道システムに適用したものであり、現有資産の状態、価値を定量化し、設備更新需要および財政収支情報から、中長期的観点で上下水道事業の適切な維持管理と更新計画の立案を支援している。

【 0 0 0 7 】

特許文献 2 は、原子力プラントなどの各種プラントに適用したものであり、経年劣化がなくても、プラント機器の異常のプラント運転への影響度を的確に評価し、機器の点検手法 / 時期を決定する。

【 0 0 0 8 】

特許文献 3 は、圧縮機に適用された事例であって、監視項目が多数ある設備であっても、トラブル発生の予兆を捉えられ、該当部品の事前準備も行え、突然の設備投資を回避して計画的なメンテナンス管理ができ、適正な劣化診断を行うことができるようにしたものである。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 9 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 4 - 1 6 6 9 1 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2 0 1 4 - 2 4 0 6 4 2 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 1 4 - 2 2 7 3 5 7 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 0 】

上記した多くの特許文献に示すように、EAMシステムによる設備資産管理が多方面において実行され、計画されている。これらのシステムでは、適用する設備資産に応じて工夫された手法を採用し、この結果得られた知見、情報を設備計画や資産運用に生かしていく。

【 0 0 1 1 】

然しながら従来のEAMシステムでは、当初計画された実施内容に従って、適宜点検・保全を実行し、新たな点検・保全結果データとして記憶し、以後の設備計画や資産運用の利用にデータ提供するものにすぎない。つまり、システム計画段階で決定した点検・保全事項を忠実に実行しているのが現行のEAMシステムであって、現場の資産、設備の状況などに応じてワークオーダーのテンプレート内容が見直しされ、変更されていく進化型のシステムにはなっていない。

【 0 0 1 2 】

この点に関し、当初計画のテンプレート内容（点検・保全作業対象設備の情報、点検項目情報、点検時期など）が、その後に現場の資産、設備の状況などを反映する形で見直され、例えば新たな視点の点検項目が追加、あるいは削減され、または3年周期の点検を4年周期に訂正するといった変更、見直しを行うことは、現行のEAMシステムでは、実質的に不可能な状況である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 3 】

なぜならば、社会産業インフラにおいて設備の健全性維持は必達であり、合理的な理由がなければ規定の見直しは不可能である。規定の見直しには、設備稼働状況を網羅的に把握するだけでなく、設備寿命劣化原因を明確にすることが必要である。しかし、現行のEAMシステムでは、このような網羅的把握及び原因明確化の業務フローを実施するプロセスまでは完備していない。

【 0 0 1 4 】

しかるにもし、ワークオーダーの発行に必要なテンプレートなどを改善することで、点検・保全プロセスを改善できるのであれば、設備保全予算の低減や、設備設計合理化による投資コスト圧縮を可能にする。この点に関し、同様の目的でRCM(Reliability Centered Maintenance: 信頼性中心整備解析)や、CBM(Condition Base Maintenance: 状態監視保全)などが提案されているが、保全のタイミングをコントロールすることが基本的な考え方であり、規定やメンテ手順データを変更することまでは考慮されていない。

【 0 0 1 5 】

以上のことから本発明の目的は、テンプレート内容が見直しされることにより、より利便性の高い運用が期待できる設備管理支援システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 6 】

以上のことから本発明においては、資産設備に対して点検・保全のワークオーダーを発行し、点検・保全結果を設備情報データベースに保管する設備管理支援システムであって、資産設備とその周囲の状態を網羅的に把握し数値化しヘルスインデックスとして記憶するヘルスインデックスデータベースと、把握したヘルスインデックスを資産設備の実設備状況とし、資産設備設置時または前回点検・保全時の状態から推定した保全期待効果との比較により、資産設備状況の差分を判定する比較演算機能と、ベテラン作業者の作業ナレッジを取得して記憶する作業ナレッジデータベースと、作業ナレッジまたは資産設備状況の差分に応じて、点検・保全の作業変更点を抽出し、設備情報データベースに反映させる保全プロセスアップデート機能、点検・保全の作業変更点を記憶した設備情報データベースの情報を用いて点検・保全のワークオーダーを発行するワークオーダー発行機能を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 7 】

テンプレート内容が見直しされることにより、より利便性の高い運用が期待できる設備管理支援システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 8 】

【図1】本発明にかかる設備管理支援システムの構成例を示す図。

【図2】ヘルスインデックスデータベースDB2に取り込まれた各種情報の記憶状態を示す図。

【図3】保全期待効果S5と実設備状況S4を比較演算する具体的な比較事例を示す図。

【図4】保全期待効果S5と実設備状況S4を比較演算する具体的な比較事例を示す図。

【図5】保全プロセスのアップデート機能P5の処理事例を示す図。

【図6】ヘルスインデックス取得事例を示す図。

【図7】保全期待効果S5と実設備状況S4の関係において設備の仕様が過剰であると判明した事例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 9 】

以下、本発明の実施形態における設備管理支援システムについて、図面に基づいて説明する。

【実施例】

【 0 0 2 0 】

図 1 は、本発明に係る設備管理支援システムの構成例を示す図である。本発明の設備管理支援システムは、適用する設備や資産の種別を問わないが、ここでは電力会社が保有する送配電設備を適用対象とする事例で説明する。なお、図 1 には設備管理支援システム 1 について、内部に保有するデータベース D B と、内部で実行される各種処理機能 P が記述されている。

【 0 0 2 1 】

図 1 において、設備管理支援システム 1 内の設備情報データベース D B 1 は、従来の E A M システムでも使用されているものであり、送配電設備の点検・保全作業を円滑に行う為に点検・保全作業の対象となる設備の情報、点検項目情報、点検時期情報、点検結果情報、保全情報などを保有する。

10

【 0 0 2 2 】

なお、送配電設備の場合に、点検・保全作業対象設備は、変電所構内の変圧器、遮断器、開閉器、リアクトル、母線などであり、配電線上の柱上変圧器、開閉器、通信設備 R T U、さらには送電線、配電線などである。また電力会社が保有するこれらの点検・保全作業対象設備は多数個存在するので、その設置位置や識別情報とともに設備情報データベース D B 1 内で一元管理される。点検項目は、点検・保全作業対象設備ごとに具体的に定められており、当該設備の構成要素（構成部位）、形状、特性などの観点から定められている。点検時期は、設備あるいはその構成機器ごとに予め定められている。

20

【 0 0 2 3 】

設備情報データベース D B 1 の記憶項目のうち、点検・保全作業対象設備情報、点検項目情報、点検時期情報は、メンテナンス作業（点検・保全作業）の枠組みを規定したデータ（メンテ手順データ）であり、点検結果情報、保全情報は、点検や保全の結果得られた入力情報である。

【 0 0 2 4 】

本発明の設備情報データベース D B 1 が保有する記憶項目は、従来の E A M システムの記憶項目と基本的に同じものであるが、本質的に相違するのは、メンテ手順データに係る部分が見直され、以降の点検・保全作業が可変に運用されるという点である。

【 0 0 2 5 】

また本発明の設備情報データベース D B 1 の記憶内容には、ナレッジ、各種規格や法体系、および故障要因分析結果なども反映される。これらの詳細については別途説明するが、いずれにせよ、これらの情報は、以降の点検・保全作業における可変運用に反映されているということである。

30

【 0 0 2 6 】

ワークオーダー発行機能 P 1 も従来の E A M システムに適用されたものと基本的には同じであるが、点検・保全作業における可変運用が反映されたものであるという点において相違している。

【 0 0 2 7 】

従来の E A M システムによれば、ワークオーダー 1 0 は点検・保全の内容をあらかじめ定めた雛形であるメンテ手順データを参照しながら一定の時間間隔ごとに一般的に発行される。例えば、「2 年ごとの 変圧器の定期点検が来月に迫ってきたことから、 変圧器について点検項目 A、B、C を実施せよ」という内容のワークオーダー 1 0 が発行される。

40

【 0 0 2 8 】

なお信頼性中心整備解析 R C M や状態監視保全 C B M では、発行のタイミングを調整できるが、本発明ではさらに網羅的把握の観点でのワークオーダー 1 0 が発行される。具体的には、後述するように、設備の寿命診断が単に設備ごとに行われるのではなく、設備の部品に至るまで対象とされ、かつ地理的情報や天候などの環境情報と連携し、点検・保全作業の優先順位のナレッジを利用することで、設備信頼度を低下しない範囲で点検・保全作業の最小化を図ったワークオーダー発行とされている。

50

【 0 0 2 9 】

「 変圧器の点検項目 A、B、C の定期点検 」という内容のワークオーダー 10 を受け取った点検・保全作業員は、該当設備 12 に対して、予定日時に予定項目の点検・保全作業 11 を実施する。点検結果は、点検・保全作業員の作業日報などとともに、電子化されたヘルスインデックス情報として、本発明に係る図 1 の設備管理支援システム 1 内のヘルスインデックスデータベース DB 2 に取り込まれる。

【 0 0 3 0 】

また上記点検結果以外に、網羅的把握の観点から、第 1 の指標 S 1 として、電気諸量の指標がヘルスインデックス情報として、ヘルスインデックスデータベース DB 2 に取り込まれる。これらは例えば、3 相変圧器の定常時あるいは事故時における電流値、電圧値、あるいは変圧器起動時の突入電流など計測可能な電気量である。また第 1 の指標 S 1 として、設備設置環境の指標がヘルスインデックス情報として、ヘルスインデックスデータベース DB 2 に取り込まれる。例えば地理的位置や、海に近い、風が強いといった環境事項である。

10

【 0 0 3 1 】

また上記点検結果以外に、網羅的把握の観点から、第 2 の指標 S 2 として、音響、画像指標化機能 P 2 を介して電気諸量以外の指標がヘルスインデックス情報として、ヘルスインデックスデータベース DB 2 に取り込まれる。この場合の音響とは例えば変圧器の放電に伴う音であり、画像とはブッシング先端の振動状況や傾斜具合、さび発生部分のさび色、大きさなどである。

20

【 0 0 3 2 】

また上記点検結果以外に、網羅的把握の観点から、第 3 の指標 S 3 として、気象情報などがヘルスインデックス情報として、ヘルスインデックスデータベース DB 2 に取り込まれる。

【 0 0 3 3 】

ここで、これらのヘルスインデックス情報（ヘルスインデックス値）とは、設備診断基礎情報のことであって、点検などの機会を通じて得た現場装置の状態を数値化したものである。計測器からの入力により最初から数値化して入力可能なものばかりでなく、音や錆、においといった五感に基づくものも数値化して得ている点の特徴である。なおこれらを数値化するに当たり、各種の技法が適用可能であり、本発明ではこれら手法を介して数値化情報を得ている。

30

【 0 0 3 4 】

なお第 1 の指標 S 1、第 2 の指標 S 2、第 3 の指標 S 3 は、点検・保全作業の当日における計測情報であってもよいが、常日頃の状態を反映した情報とされるのが望ましい。またこれらの指標は、システム設計当初から計画されたものであっても、あるいは運転実績に応じて途中から追加されたものであってもよい。

【 0 0 3 5 】

これらの結果として、ヘルスインデックスデータベース DB 2 には、ヘルスインデックス情報として、点検・保全作業の中で得られた点検・保全情報のほかに、第 1 の指標 S 1、第 2 の指標 S 2、第 3 の指標 S 3 が数値化情報として得られたことになる。

40

【 0 0 3 6 】

ここで、第 2 の指標 S 2 として、音響、画像を指標化して取り込むことの意義について補足説明する。電気設備の異常の多くは、異常な温度で検出することが可能であり、従来から巡視等のモニタリングや保護継電システムで設備保全に活用していたが、近年の IT 化により従来は視覚的な情報といえども少ない解像度で情報管理するしかなかったものがより詳細に、時系列変化も含めて管理することが可能になった。

【 0 0 3 7 】

例えば、屋外に設置された外箱の発錆についても、従来はあり、なしという 2 値で管理するしかなく、その判定も作業員の主観に依存しており、保全プロセス改善ループに活用することは出来なかった。しかし IT 化技術を活用すれば、リモートターミナルで写真を

50

撮影し、RawデータとしてヘルスインデックスデータベースDB2にそのまま保存してもよく、さらには信号処理技術を利用することで発錆度合いの指標や進行具合などをヘルスインデックスとしてヘルスインデックスデータベースDB2に取り込むことが出来るようになった。

【0038】

異音についても、信号処理で単なる磁歪振動なのか、絶縁物劣化の予兆なのかなどを分析したり、音響のヘルスインデックスの時系列変化で設備の状態を推定したり出来るようになった。

【0039】

今後、各種センサー技術の進展に伴い、様々な視点（異臭等）での指標化が期待できるが、本システムでは柔軟にヘルスインデックスデータベースDB2に指標データを格納することが可能になる。

10

【0040】

図2は、ヘルスインデックスデータベースDB2に取り込まれた各種情報の記憶状態を示している。取り込まれた各種情報は、図2の縦横の交点に該当する場所に記憶されている。図2において横軸には、点検・保全作業対象設備が記述されている。これらは、変電所構内の変圧器、遮断器、開閉器、リアクトル、母線などであり、配電線上の柱上変圧器、開閉器、通信設備RTU、さらには送電線、配電線などである。ここには電力会社が保有するすべての設備が記述されるが、図2では代表例として変圧器と遮断器と開閉器を記載している。

20

【0041】

図2の縦軸には、第1の指標S1として、電気諸量の指標、設備設置環境の項目、第2の指標S2、第3の指標S3が列記されている。また、点検・保全作業対象設備に対する点検項目が記述されている。点検項目は、点検・保全作業対象設備ごとに具体的に定められており、当該設備の構成要素（構成部位、構成部品）、形状、状態、性能などの観点から定められたものである。図2の例では、ブッシング、外観、制御盤（配電盤や現場盤を含む）、パッキン、フランジ、絶縁箇所、油などである。

【0042】

この図の縦横項目の交点に印があるのは、当該機器についてこの部分の点検・保全項目、指標などが存在しており、何らかの点検・保全などの情報が存在していることを意味している。例えば変圧器にはブッシングがあるが、遮断器にはブッシングが備わっていないので、変圧器とブッシングの縦横項目の交点には印がついているが、遮断器とブッシングの縦横項目の交点には印がついていない。

30

【0043】

このヘルスインデックスデータベースDB2の特徴は、点検・保全作業対象設備を同一種類、同一場所といった観点で纏めないことである。従来のデータベースでは、ややもすると、同一機器、同一場所といった観点からハイアラキシステムによる階層化分類を行い、保守工程を意識した階層的チェックをする傾向があるが、本発明では、設備ごとではなく、点検項目の部位として例えばパッキン構造を有するものであれば、対象を問わずに比較可能にしていることである。また本発明のデータベースDB2の他の特徴は、点検項目以外に第1の指標S1、第2の指標S2、第3の指標S3による網羅的な情報収集を行っていることである。これにより、データマイニングの発想による多次元データベースを構成している。またこれにより、特定の条件からの逆引きや複数設備の比較を可能とし、強力な相関関係に基づく対応比較を可能としている。

40

【0044】

図1において、次に比較演算機能P3について説明する。この機能は、保全期待効果S5と実設備状況S4を比較演算する機能である。

【0045】

このうち保全期待効果S5とは、例えば点検・保全の対象設備である変圧器について、当該設備の設置時及びその後の稼働状況、点検・保全状況などを勘案して、次回点検

50

・保全時にあるべき姿を想定したものである。保全期待効果 S 5 は、ワークオーダー発行機能 P 1 において点検・保全の対象設備である 変圧器の点検・保全を指示したときに、設備情報データベース D B 1 の 変圧器の項目を参照して得た過去（前回）情報から推定したものである。図 1 のメンテ履歴と期待効果機能 1 6 は、ワークオーダー発行機能 P 1 に連携して次回点検・保全時期における各種ヘルスインデックスのあるべき姿（値）を想定している。

【 0 0 4 6 】

他方実設備状況 S 4 は、ヘルスインデックスデータベース D B 2 に得られた 変圧器の現状を示すデータ（ヘルスインデックス）である。なお比較演算機能 P 3 の処理では、適宜設備情報データベース D B 1 の内容を参照して高精度推定に利用することができる。

10

【 0 0 4 7 】

図 3 は、具体的な比較事例を示している。例えば 変圧器内の絶縁油の絶縁特性に関して、前回点検・保全時 T 1 に絶縁油を入れ替え、特性を向上させたものとする。この場合に保全期待効果 S 5 としては、絶縁油入れ替え、改善時点での特性からの劣化を勘案して今回点検時 T 2 の状態は細い実線の位置を想定している。これに対し、実設備状況 S 4 は太い実線のようにであることが検知されたとしたなら、予想以上に劣化が進展していたと判断できる。

【 0 0 4 8 】

図 4 もまた具体的な比較事例を示している。例えば 変圧器について、絶縁油の 1 点の状態のみで設備診断するのではなく、複数個所の複数要素の状態を並べて比較し、総合判断することを示している。あるいは絶縁油の観点から他の部署の絶縁湯の状況と比較判断するといった比較も可能である。このような複数視点での分析手法であるスライス分析の考え方の導入が有効である。これにより、絶縁油全体の中での変化動向を勘案しながら、格別の異常を示しているのか、よくある程度なのかを識別可能である。なお図 4 の左右 2 事例は、右事例の場合に、地図上海が近いなどの情報を勘案して劣化程度を可変に推定したことを示している。

20

【 0 0 4 9 】

なお保全期待効果 S 5 の推定の場合に、多くのものでは時間的な劣化傾向を示すことから右肩下がりの特性としているが、この右肩下がりの程度を推定するに当たり、各種解析機能の利用が有効である。図 1 には、スクリプト / 高機能回析エンジン P 4 の利用場面を示している。

30

【 0 0 5 0 】

図 7 は、保全期待効果 S 5 と実設備状況 S 4 の関係において設備の仕様が過剰であると判明した事例を示している。縦横の軸は、縦軸がある設備のヘルスインデックス値であり、横軸が時間である。

【 0 0 5 1 】

図 7 において保全期待効果 S 5 としては、時刻 t 5 に限界ヘルスインデックス値に達し、寿命に達する（期待寿命）と想定していたところ、実測した実設備状況 S 4 は、限界ヘルスインデックス値に対して時刻 t 5 では十分な余裕を保持していることが判明したとする。またこの実設備状況 S 4 からの推定によれば、限界ヘルスインデックス値に達し、実際に寿命（実寿命）に達するのは時刻 t 4 と考えられた。

40

【 0 0 5 2 】

このケースにおいて、実寿命が時刻 t 4 であるところ、より短い時刻 t 5 での寿命を想定した設備の仕様は、オーバースペックの可能性がある。誤差の範囲を大きく超えているのであれば、設備仕様を合理的な範囲の値に見直すべきである。このような設備は適切な試験検証後にリユースすることで、設備投資の低減に結び付けることが可能である。

【 0 0 5 3 】

比較演算機能 P 3 について、上記においては具体事例をもって説明したが、これはより上位の活用場面においては以下のように展開することができる。

【 0 0 5 4 】

50

この比較演算機能 P 3 は、保全期待効果 S 5 と実設備状況 S 4 を比較演算する機能である。この場合に実設備状況 S 4 としては、資産設備のヘルスインデックスがこれに相当している。そして資産設備のヘルスインデックスは、設備の階層構造を適切に反映できるヘルスインデックスデータベース DB 2 や、音響や画像情報をヘルスインデックス化する音響、画像指標化機能 P 2 により、詳細に整理されている。このため、従来は困難であった保全による期待効果と実際の設備状況とを、人的な労力をかけることなく IT 技術による自動演算機能で相互比較を実現することが出来る。これはヘルスインデックスとして指標化を徹底しているために実現できる機能である。

【 0 0 5 5 】

図 3、図 4 に示した期待効果と実際の設備状況の差分分析に関し、対象となるそれぞれの設備は、設計時あるいは保全時に想定した寿命が存在するので、その期待される寿命曲線と実際の設備 K P I (重要業績評価指標 : Key Performance Indicators) の経年変化を比較することができる。故障あるいは設備当該事象の原因を分析するために階層的に情報を管理しているヘルスインデックスデータベース DB 2 (設備を多次元構造に分解し取り扱えると共に、スライス機能で設備要素や気象、設置地域情報など多面的な関連性の分析可能) を活用しながら、実設備の実ヘルスインデックスと設計や保全による期待ヘルスインデックスを比較することができる。

【 0 0 5 6 】

なお、比較結果の以後の活用場面としては、以下のものが想定可能である。例えば関連性相関の分析結果から、当該故障あるいは設備性能低下を抑制するための保全内容をリストアップすると共に、現状のメンテ手順データとの差分を自動演算することに展開利用される。また自動演算された結果で、既存のメンテ手順データの内容をアップデートすることに展開利用される。

【 0 0 5 7 】

また、階層ごとの分析から故障が発生しやすい部位を抽出し、系統全体で故障発生部位を共有し、類似故障の発生予測により設備保全費用を漸減することが可能になる。この際、設備要素ごとのモニタリング内容のスライス分析機能で、一部要素だけを修理すれば、十分な寿命を確保できるかどうか、判断が可能になる。

【 0 0 5 8 】

なお、この比較機能は知見が十分に完備されているとアプリケーションによる自動演算で実現することが出来るが、本システムによるプロセスを開始当初は、環境と部位の関連性は不明であり、人間系の豊富な経験に基づく試行錯誤が必要になることがある。試行錯誤は、コマンドを逐次入力することで実現することができるだけでなく、スクリプトによるバッチ処理で関連性を明確にするプロセスを作り上げることも可能にしている。

【 0 0 5 9 】

さらに、柔軟に情報加工を行うことが必要になるので、スクリプト / 高機能回析エンジン機能 P 4 のインターフェイスから高度な解析エンジンを簡単に呼び出すことができるようにしている。

【 0 0 6 0 】

次に図 1 の保全プロセスアップデート機能 P 5 について説明する。

【 0 0 6 1 】

保全プロセスのアップデート機能 P 5 では、上記したヘルスインデックスデータベース DB 2 の実設備状況 S 4 と保全期待効果 S 5 の比較情報 S 9 を元にして、どのような形で保全プロセスの見直しを行うかを、経済性、実現可能性、継続性、信頼性の観点から適切な改善箇所の同定、改善方法を演算する。また保全プロセスのアップデート機能 P 5 では、作業ナレッジ情報 S 6 も含めて保全プロセスの見直しに反映させる。

【 0 0 6 2 】

保全プロセスのアップデート機能 P 5 の処理事例は図 5 に例示しているが、ここでは比較情報 S 9 と作業ナレッジ情報 S 6 を扱うので、先に作業ナレッジ情報 S 6 の取得について説明しておく。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

図 1 において、P 6 は作業ナレッジ収集機能である。作業ナレッジは、ベテラン作業員が保持すると考えられるが、これを引き出して以後の点検・保全作業に有効活用するという趣旨のものである。

【 0 0 6 4 】

なおベテラン作業員におけるナレッジと、いわゆるノウハウは以下のように区別されている。まずナレッジおよびノウハウは、いずれも知見（体験や見聞によって得られた知識）に分類されるべきものであるが、ナレッジが A ならば B でないといった関連情報をさし、具体的な分析プロセスや方法、演算技術は含まないものであるに対し、ノウハウは作業や業務のやり方をさす。またナレッジが暗黙知 / 形式知の両形態がありうるが、言語により形式知化しやすいものであるに対し、ノウハウは暗黙知 / 形式知の両形態がありうるが、言語により形式知化し難いという相違がある。なおノウハウについて、形式知化したものはマニュアル（手順）、業務標準プロセス、ルール、基準などに言語化される。またここで業務プロセスとは、O & M 業務（Operation & Maintenance）の手順、および流れを取り扱うデータやものの流れを形式的に表したものであり、組織的に標準化されたものは業務標準プロセスともなり、IT 化の対象となる。

【 0 0 6 5 】

図 1 に示す本発明のシステムを利用すれば、作業員が持っている本人も認識できていない知識を掘り起こし、ナレッジ化することも可能である。ベテラン作業員のナレッジの重要な点は、適切な周辺状況に合わせて作業を裁量で適宜見直して実行するということであり、ベテランの作業員がどんな状況を重視しているのかを、ベテランの作業員の日々の行動分析を行うことで、ナレッジとして蓄積することが可能である。

【 0 0 6 6 】

このようなベテラン作業員のナレッジは、本人も適切に言語表現しきれない暗黙知を多く含んでいるので、IT 等の冷徹な目で分析することが有用である。例えば、巡視を行うに際してチェック結果が同じであっても、ベテランは複眼的な視点で設備を観察することがある。しかし、ベテラン作業員は複眼的な設備観察が常識であり、あらゆる作業員も同じことを行っていると信じているが、ワークオーダーへの記録は異常の有無をチェックするだけである場合、ベテラン作業員の貴重なナレッジが消滅する可能性がある。

【 0 0 6 7 】

だからといって、作業員の報告内容を多くすると、作業効率の低下を招くことは自明である。本発明では、IT を利用しベテラン作業員の知見獲得ができる。具体例を一つ挙げると、作業員の作業経路を GPS や IC チップ等の既存の技術で記録し、それぞれの相互比較を行うと共に、ヘルスインデックスデータベース DB 2 等に記録された情報との比較演算を行い、ベテラン作業員の行動の妥当性評価を行い、この結果を基にメンテ手順データの更新を行う。

【 0 0 6 8 】

図 1 において、作業ナレッジ収集機能 P 6 では例えば、ベテラン作業員の作業経路を GPS や IC チップ等の既存の技術で記録する。比較演算機能 P 7 では、ワークオーダー発行機能 P 1 を参照し、今回の点検項目 A、B、C を行うに当たり想定される作業経路を求め、ベテラン作業員の実作業経路と比較する。この結果、例えばベテラン作業員は、点検項目 B の開始に先立ち、計器 X と Y を読み取るという行動をしていたことが判明する。通常の若手作業員は、マニュアル通りに作業を行い、点検項目 B の開始に先立ち、計器 X と Y を読み取という行動をしていない。ベテラン作業員の係る行動には、本人も意識しない何らかの意味があると思われることから、比較演算機能 P 7 ではこれを作業ナレッジデータベース DB 3 に保存蓄積する。作業ナレッジデータベース DB 3 からは、作業ナレッジ情報 S 6 が保全プロセスのアップデート機能 P 5 に入力される。

【 0 0 6 9 】

図 5 に示す保全プロセス改善のフローチャートのうち、アップデート機能 P 5 内の処理では、最初の処理ステップ ST 1 において、各種情報を入手する。各種情報は、作業ナレ

10

20

30

40

50

ッジデータベースDB3からの作業ナレッジ情報S6、比較演算機能P3における比較結果情報S5を含み、それ以外にも保全対象の要素、地理情報、劣化傾向などが利用される。

【0070】

アップデート機能P5内の処理では、分析処理ステップST2による故障分析、あるいは処理ステップST3による原因究明が行われて、保全プロセス改善の新たな見直し情報を得る。これらの情報は、設備故障リスク部位の追記、メンテ手順データの見直し、法や規格あるいは設計基準の見直しなどである。これらの見直し情報は、処理ステップST4において原因が特殊要因によるものか、一般要因によるものかの観点から区分する。

【0071】

区分結果が、一般要因に起因するものであれば設備設計の根本原因に関わる問題であるので、最終的には処理ステップST5から設備仕様の見直しS7が与えられる。設備仕様の見直しS7の場合には、企画、設計の見直しが不可欠となるので、設備管理支援システム1からシステム外に情報提供し、各種法律、企画、設計・保守基準13と照合したうえで、新たな規定を設備情報データベースDB1に登録しなおすという流れになる。

【0072】

区分結果について、原因が特殊要因によるものであれば、最終的には処理ステップST6からあるべき保全作業プロセスの新規定義S8が提案される。新規定義S8は、既存の保全作業プロセス定義と比較され、アップデートすべき改善プロセスとして、メンテ手順データ14に表現されたうえで最終的に設備情報データベースDB1に登録しなおすという流れになる。

【0073】

図5に示す保全プロセス改善のフローチャートの流れは以上のようなものであるが、ここで先に述べた保全プロセス改善の新たな見直し情報（設備故障リスク部位の追記、メンテ手順データの見直し、法や規格あるいは設計基準の見直し）について、個別に説明を追加する。

【0074】

まず「設備故障リスク部位の追記」に関して、ヘルスインデックスデータベースDB2に記述された事故情報をもとに設備故障リスク部位の分析を実行することで、設備の弱点箇所を明確にする。この分析結果は、個別設備の故障要因を設備構成要素ごとに階層的に格納し記憶する。記憶先は例えばヘルスインデックスデータベースDB2とする。具体的に柱上変圧器を例にとると、構成要素（外箱、碍子、鉄心、巻線、絶縁物、絶縁油等）に階層化した上で、これらの構成要素の故障や保全項目と設置地域毎の特性関連付け、故障要因だけでなく、それぞれの部位が機能不全に至った場合の現象との関連性についてもナレッジとして追記しておくのがよい。

【0075】

次に「メンテ手順データの見直し」に関して、例えば比較演算機能P3における比較演算の結果、ある部位の発錆と設備の故障に有為な関係が明確になったとする。この関係は、想定外事象であるので、既存のメンテ手順データ14に、当該部位の錆びの状況を記録するというプロセスがないのが通常であると考えられる。この場合には、この保全手順を新たに作成して記録することで、既存の保全プロセスに比較して大きな作業量の追加を招くことなく、同様故障事例を極限まで低減することが可能になる。

【0076】

このようなプリミティブな機能だけでなく、定量化されたヘルスインデックスの比較演算によれば、次のような高度なメンテ手順データの追記機能も実現できる。この事例では、電力ケーブルの設計寿命が40年であると仮定する。これは推奨環境におかれている場合である。ある系統の本システムのナレッジによると、地中ケーブル敷設洞道内に水がある場合、水トリーによるリスクが1.8倍になることがナレッジとして蓄積されている。

【0077】

この場合のメンテ手順データ14の見直し演算結果は、以下のようなものである。まず、洞道

10

20

30

40

50

内の水を排水する保全業務を高い優先順位で新たに列挙する。次に当該ケーブルの寿命が最悪 1 / 1 . 8 になることから、更新保全を短縮する。次に点検インターバルを 1 / 1 . 8 に短縮し、K P I (重要業績評価指標 : Key Performance Indicators) 劣化が、リスク推定どおりであることを確認する。さらに、もし、当該電力ケーブルが系統運用上重要なものである場合には、更新作業調整も困難であることから、設備運用上の制約を更新し、当該ケーブルの重要度を低減する。

【 0 0 7 8 】

次に「法や規格あるいは設計基準の見直し」に関して、このケースでは多様なステークホルダ間の調整が必要になることから、本発明システムでは、自動的にデータ内容を書き換えることはふさわしくない。

10

【 0 0 7 9 】

そのため、運用者に情報を提供するだけに留まるが、調整に有益な事実に基づく整理された情報を提供できる。なお保全プロセスでなく故障の原因が現象に適切に反映していないと判断されることもある。このような場合には、保全プロセスを見直すだけでなく、設計・保守基準を見直すことも可能である。特に、設備劣化が設計内容よりも遅ければ、遅くなった要因を分析した上で、設計合理化を進めることが可能になる。この機能の副次的効果として設備移設などで、撤去された設備で十分な寿命が想定される場合には、リユースが可能になる。

【 0 0 8 0 】

図 1 に示した一連の処理により、設備情報データベース D B 1 には、各種の知見や、新たな処理手順などが蓄積されていく。長年の経験を積むほど、この知能は向上する。

20

【 0 0 8 1 】

背景分野の項においても述べたように、メンテ手順データ 1 4 に格納されたテンプレートを更新する業務フローの確立の重要性について、社会的には明確に認知されている。しかしながら、重要な社会インフラのメンテナンスでは、どうしても判断が保守的になりやすいので、運用者が信頼できるシステムを構築する必要がある。つまり、客観性の優れた体系的に設備データの監視 / 分析する必要がある。

【 0 0 8 2 】

本発明では、以下の斬新な技術要素を確立することで、課題の解決を図っている。これらの機能は、優先順位付けが可能なワークオーダー発行機能 P 1 , 設備の階層構造を適切に反映できるヘルスインドックスデータベース機能 D B 2 、音響や画像情報をヘルスインドックス化する音響、画像指標化機能 P 2 , 保全期待効果 S 5 と実設備状況 S 4 を比較演算する比較演算機能 P 3 , 保全プロセスのアップデート機能 P 5 , ワークのナレッジ収集機能 P 6 などにより達成されている。

30

【 0 0 8 3 】

このように本発明の概略は、設備に関する様々な劣化要因を高度な分析解析技術により情報化し、保全計画に反映することで、配電 K P I (重要業績評価指標 : Key Performance Indicators) を低下させることなく保全プロセスの合理化を図るものである。

【 0 0 8 4 】

上記説明では説明ができなかった、個別構成要素の機能を以下に明示する。特に最終的に得られた知見を反映した設備情報データベース D B 1 並びにワークオーダー発行機能 P 1 について、追加説明を行う。

40

【 0 0 8 5 】

まず、優先順位付けが可能なワークオーダー発行機能 P 1 に関して、具体的なナレッジが得られた場合の、以降の処理への反映について説明する。この場合のナレッジ例は、以下のようであり、以下の数値はあくまでも例である。

【 0 0 8 6 】

ナレッジ例 1 : 当該設備の設置場所が海沿いでなければ保守しなくても 3 6 ヶ月は大丈夫 (定期点検インターバルは 2 4 ヶ月) で、万が一故障しても影響は小さい。

50

【 0 0 8 7 】

ナレッジ例 2：当該設備の故障主要因は制御盤のゴムパッキン劣化である。ゴムパッキンは統計的に 24 ヶ月間であれば機能維持が可能である。故障時の影響が甚大である。

【 0 0 8 8 】

そのうえでの当該ナレッジの以降処理への反映としては、以下の事例が想定できる。まずナレッジ例 1 を利用すれば、海から相当程度はなれた場所の当該装置の保守作業については、点検インターバルを送配電線の信頼度の低下を招くことなく、拡大することが可能になる。またナレッジ例 2 を利用すれば、たとえ定期点検期間が満了せずとも、地域的／電氣的に近接した他設備の点検と一緒に点検が可能な機会が、前回の点検から 20 ヶ月を経過後に到来した場合には、点検準備作業コスト低減の観点から前倒しでワークオーダー 10 を発行することも可能である。また事前に、一定期間に保守作業が集中することもシミュレーションで認識することが可能になる。しかし保守作業の集中はワーカコスト増大を招く可能性があるので、平準化が好ましい。このような作業平準化も、このようなナレッジを利用することで可能になる。

10

【 0 0 8 9 】

次に、優先順位の決定の際に参照する基盤データを提供する設備情報データベース DB 1 について追加説明を行う。

【 0 0 9 0 】

設備情報データベース DB 1 は、設備の一般的な属性データだけでなく、点検・保全のマニュアル、各種規格、法体系、故障部位分析結果等を含んで記憶している。ナレッジをベースにしたワークオーダー発行は、主に信頼度維持を制約としてコスト低減を目的とした演算を解くことで合理的に実現できる。

20

【 0 0 9 1 】

このため、従来のワークオーダー発行機能においては、電力会社が事前に設定する保守基準（クライテリア）に基づく時間間隔一定で設備ごとに一様の発行だけであったものが、本発明によりワークオーダー発行機能にナレッジを追加することで、メンテ手順データや設備故障部位分析結果、国ごとの法等の情報を有機的に活用することで、設備の優先順位や重要度を加味しながら、必要最小限の保全で、設備を寿命まで使い果たすことが可能となる。

【 0 0 9 2 】

30

なお、メンテ手順データ 14 はナレッジの蓄積と共に内容が充実していくので、本発明システムを導入して即効性のある改善は不可能である。しかしながら、もし先行事例に基づく普遍的なナレッジがあれば、ナレッジ蓄積期間の短縮という価値の提供も可能である。図 1 の成功事例に基づくテンプレート 15 をメンテ手順データ 14 に導入し、反映させることでの即効性のある改善が可能である。よって、メンテ手順データ 14 や設備故障部位分析結果等から構成される設備情報データベース DB 1 の外部提供については、国際規格化を考慮する必要がある。

【 0 0 9 3 】

なおワークオーダー発行後の設備保全作業は、現状の手順と同じになることから、本発明システムにより、フィールドサイドに新たな負担は発生しない。

40

【 0 0 9 4 】

また、ワークオーダー 10 がどのような効果を期待して発行されたかが明確になっていることから、これを履歴管理することで、運用保全者が期待する設備状態を理論的な設備 KPI として管理することが可能になる。

【 0 0 9 5 】

なお本発明の利用場面として、大規模な災害（地震や台風等、設備）からの復旧に際して、通常動作ではない、災害時復旧を最優先にした動作モードとすることで、ワークオーダー発行の優先順位を社会的に重要な施設（例えば病院や消防署、警察といった部分）の復旧とすることで社会的な混乱を最小限にすることが出来る。

【 0 0 9 6 】

50

以上述べたところの、改良されたメンテ手順データ14を利用し、ワークオーダー10を発行することで、ベテランエンジニアと同様のO & M (o p e r a t i o n & m a i n t e n a n c e) を実現するワークオーダーが発行できる。これにより、人間系の大局観的な設備に対する勘のようなナレッジについても定量的に取り扱うことを可能にしている。ただし、人間系の経験をナレッジとして蓄積するために、熟練度合いに応じてワークオーダーを守った上での、裁量作業を認めこの作業内容を自動的に蓄積することが重要になる。

【0097】

次に、設備の階層構造を適切に反映できるヘルスインデックスデータベースDB2について、追加説明を行う。

【0098】

本発明によれば設備の状態は、設備のヘルスインデックスとして指標化し、ヘルスインデックスデータベースDB2に格納される。従来は紙資料により情報管理していたものを、指標化することで、設備情報データベースDB1で利用するメンテ手順データ14や設備故障部位分析に提供情報の演算を可能にする。ヘルスインデックス化は、モバイル端末を採用することで、作業員が観察した結果を電子情報として直接入力することのほか、分析や解析が必要とするようなヘルスインデックスも格納できるよう外部演算システムとのインターフェイスを持つのがよい。

【0099】

本システムでは、直接、観察出来ないヘルスインデックスについても、演算知見さえあれば、演算要素を柔軟に組み込むことが出来る柔軟なシステム構成（システム間インターフェイスの高い拡張性）であることから管理することが可能になる。

【0100】

例えば、送配電線内の故障に伴い発生する回転機の軸寿命消費のような回路解析演算が必要な項目も、図6のヘルスインデックス取得事例のように、故障時の電圧/電流の変動および当該故障発生時の送配電線の構成などを回路解析演算とトルク変動から軸寿命消費を推定演算できるシステムと組み合わせることで、関連回転機のヘルスインデックスの当該項目を自動的に更新することも可能となる。

【0101】

なお図6における軸寿命消費推定演算は、処理ステップST11で送配電線の故障発生を条件として開始され、処理ステップST12で当該回転機装置における電圧電流の過去モニタリングデータを利用可能かどうか、判断する。過去モニタリングデータが利用可能であれば処理ステップST13でモニタリングデータ波形を例えば10秒分利用する。利用できない場合、処理ステップST14で送配電線のマネジメントシステムから運用情報を収集し、処理ステップST15でシミュレーションにより電圧電流波形を推定する。

【0102】

かくしてデータが確保（処理ステップST16）できたところで、以下順次送配電線故障時の回転機の電磁トルク演算（処理ステップST17）、回転軸応力推定（処理ステップST18）、回転軸応力/寿命消費推定（処理ステップST19）、回転軸余寿命のアップデート（処理ステップST20）を順次実行して回転機のヘルスインデックスの当該項目を自動的に更新する。

【0103】

上記の例のような、ヘルスインデックスデータベースDB2の更新は、次に示すように様々なシーンで行うことが可能である。これらは、「点検巡視や保全作業の実施を反映して更新」、「故障発生をトリガーとして事象を分析した上で更新」、「連続的に情報を収集した一種のログとしての記録更新」などを契機として行うのがよい。

【0104】

またヘルスインデックスデータベースDB2には、資産設備だけでなく、資産設備が設置されている環境（湿度が高い、風速が大きい、幹線道路脇である、隣接工場操業状態等）も連携して指標化し格納することが出来る。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 5 】

一方、設備は故障する部位を修理すれば継続して使用、取り扱うことが可能である。したがって、設備の個別部位ごとにヘルスインデックスを管理することが重要になるが、設備そのものをキーにして、個別部位の属性を管理する従来の設備情報データベース D B 1 の構造では、次のような検索が困難になる。

【 0 1 0 6 】

例えば制御ボ - ドを格納している制御箱のゴムパッキンが特定の設置環境で劣化しやすいような場合、制御箱をそれぞれの設備の構成要素という視点で整理していただだけでは、設備によらず一般的な制御箱の特徴を拾い出すことが出来なくなり、本来であれば共通知見として設備保全の統合的なルールとして活用可能な知見が設備毎のローカルル - ルとして矮小化される懸念がある。

10

【 0 1 0 7 】

そこで、設備の部位自体を共通の概念で検索しやすく出来るように、図 2 に示すように、設備を構成する部位群を、用途の視点から同等の機能を持つものを等価であるとして共通レイヤーの中に関連付けることで、設備からだけでなく、部位の観点からも検索できるように属性値を管理できるようにした。この情報管理方法により、例えば、開閉器や情報伝送装置など異なる設備であっても、特定環境下におけるコントロールボックスのパッキン劣化という共通因子を容易に抽出することが可能になった。

【 0 1 0 8 】

なお、当然ながら設備が設置されているローカルな環境情報だけでなく、地域全体の気象情報などの外部要因については、既に多く公開されているインターネット上の情報を有効に活用できるよう G I S システム（地理情報システム）等とも適切なリンクを図るインターフェイスを適宜適用することで、他者が構築した様々な情報も容易に本システムのヘルスインデックスデータベース D B 2 の要素として活用することが可能になる。

20

【 0 1 0 9 】

またヘルスインデックスは、設備に対して観察結果を 1 対 1 に関連付けて指標化しただけでは十分に活用できない。本発明では、設備を部品ごとにスライス構造で多方面から指標化関係を関連付けることができるので、複合的な設備劣化要因についてもリスクマップ等の汎用技術との併用で明確にすることが可能になる。

【 符号の説明 】

30

【 0 1 1 0 】

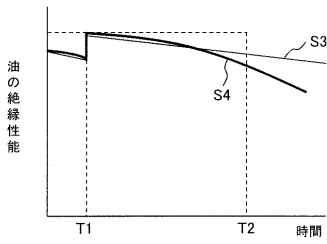
- 1 : 設備管理支援システム
- 1 0 : ワークオーダー
- 1 1 : 点検・保全作業
- 1 2 : 点検・保全対象の設備
- 1 3 : 法律、企画、設計・保守基準
- 1 4 : メンテ手順データ
- 1 5 : 成功事例に基づくテンプレート
- D B 1 : 設備情報データベース
- D B 2 : ヘルスインデックスデータベース
- D B 3 : 作業ナレッジデータベース
- P 1 : ワークオーダー発行機能
- P 2 : 音響、画像指標化機能
- P 3 : 比較演算機能
- P 4 : スクリプト / 高機能回析エンジン
- P 5 : 保全プロセスアップデート機能
- P 6 : 作業ナレッジ情報収集機能
- P 7 : 比較演算機能
- S 1 : 第 1 の指標
- S 2 : 第 2 の指標

40

50

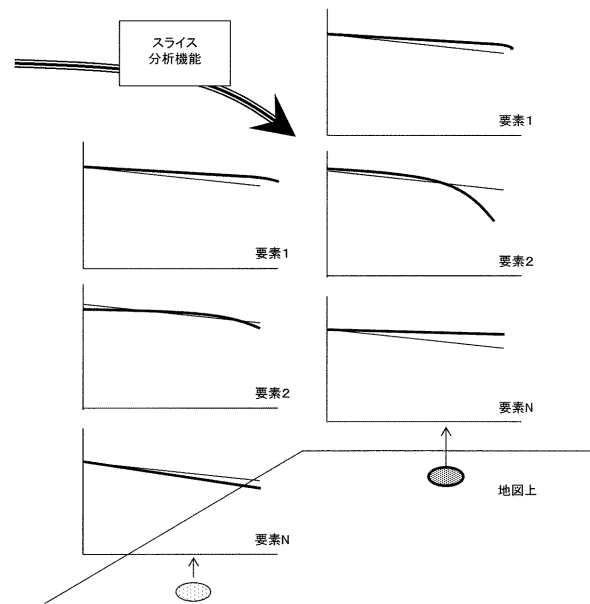
【図 3】

図 3



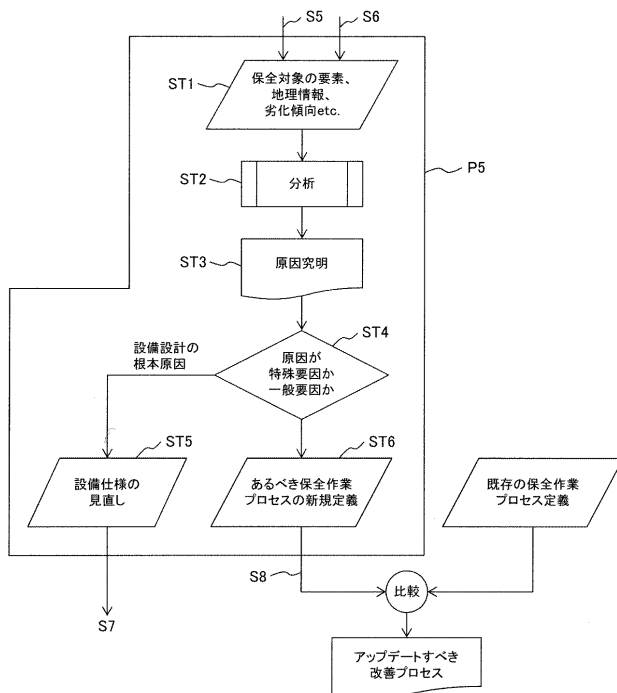
【図 4】

図 4



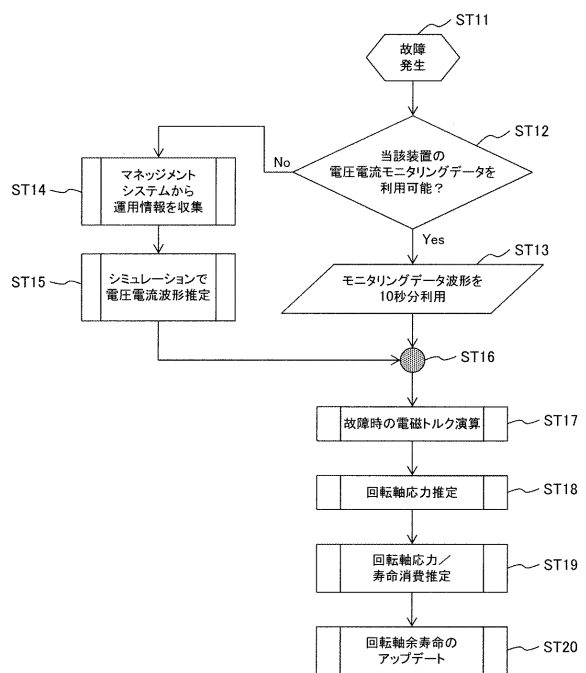
【図 5】

図 5



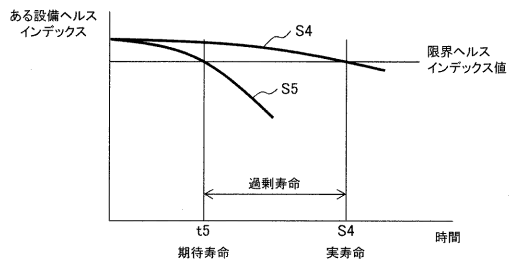
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7



フロントページの続き

- (72)発明者 今野 博充
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 村上 正博
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- (72)発明者 定江 和貴
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
- Fターム(参考) 5L049 CC15