

制御装置予防保全技術

Preventive Maintenance Technique for Power Plant Control Equipment

既設経年発電プラント比率の増加とプラント運用の高度化によって、発電プラントの長期安定稼動が最重要課題となっている。日立製作所は発電プラントの安定な運転と長寿命化対策のため、制御装置の予防保全活動としてシステム全体から部品レベルに至るまで、種々の改善を積極的に実施してきた。

発電プラントの長期安定稼動には、プラントの長寿命化対策、最新技術の適用による信頼性向上策、経年変化診断による予防保全技術の開発、さらにはプラント設備の保全情報の整備・拡充が必要である。

プラントの長寿命化対策として、制御装置部品の推奨取り替え周期を定めた。また、発電プラントに使用している制御装置部品を電子計算機で管理する予防保全管理システムを開発し、プラント単位で総合的な予防保全ができるように技術的、システムの管理強化を図った。

廣瀬昭廣* Teruhiro Hirose
長澤嘉幸* Yoshiyuki Nagasawa
柳田貞雄* Sadao Yanada
菊地武丈* Taketomo Kikuchi
埴 義夫* Yoshio Hanawa

1 緒 言

わが国の発電設備の中で、火力発電プラントおよび原子力発電プラントの既設経年発電プラント数は増大してきている。これらの既設経年発電プラントのうち、長期間使用されている(納入後10年以上)経年発電プラント数は約83%と増加してきている。

火力発電プラントは、負荷調整用として頻繁な始動・停止による運用の高度化が進んでいる。一方、発電電力の需要増大に伴い、稼動率向上の観点から既設経年発電プラントを安定に運転するための予防保全の重要性がますます高まってきている。

発電プラントの中枢神経である制御装置についても、信頼性確保の観点から部品レベルでの交換や既設発電プラントへのデジタル制御装置等の最新技術の適用、設備保全情報の整備・拡充などを通して、種々の予防保全を実施してきた。

本稿では、計測制御装置の予防保全活動の概要について述べる。

2 制御装置の予防保全活動の概要

発電プラントの電気・計装品を含む制御装置は、補助継電器、操作スイッチ、伝送器・変換器等の工業計器や、抵抗・IC等を搭載したプリント板など、多種多数の部品で構成されている。

一方で、経年発電プラントが増加していることから、制御

装置の構成部品の経年変化による不具合も増加傾向にあり、いっそうの信頼性向上が重要課題となっている。

こうした状況を踏まえて、発電プラントのより安定な運転と、長寿命化を期すため、総合的な予防保全活動を推進し、充実を図ってきた。

制御装置として、**図1**に示すような予防保全項目を着実に実施することにより、発電プラントの長期安定稼動を図っている。

(1) システム信頼性の向上

計測制御技術の進歩に伴う最新のデジタル制御技術、光伝送技術などを既設発電プラントに適用することにより、機能、保守性の向上を図り、あわせて制御装置の長寿命化と信頼性向上を実現している。

(2) プラントの長寿命化対策

制御装置の構成部品ごとに取り替え周期を設定した取り替え基準を策定し、部品の経年変化が進んで、故障する前に確実に新しい部品と交換して、不具合の発生を未然に防止するとともにプラントの長寿命化を図っている。

(3) 予防保全技術の開発

制御装置に使用している補助継電器、プリント板などの各種部品について、経年変化状況の調査・評価を行い寿命を予測する研究を進めている。

(4) プラント設備保全情報の整備・拡充

* 日立製作所 大みか工場

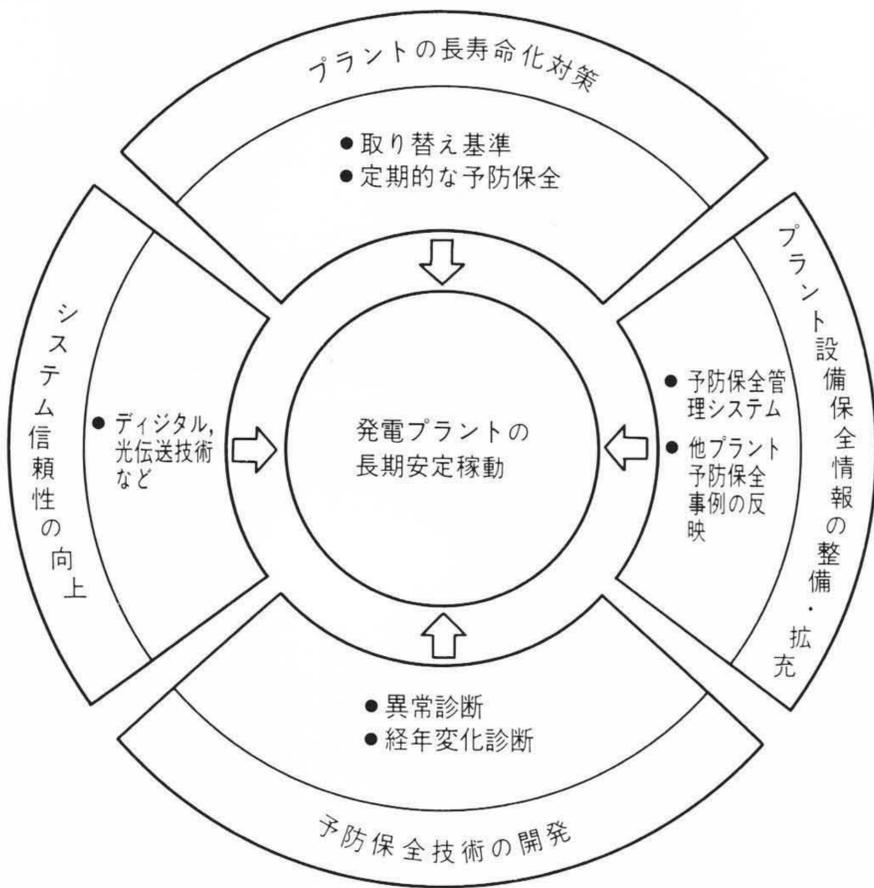


図1 制御装置の予防保全活動の概要 制御装置の予防保全は、図に示す活動を実施してプラントの長期安定稼動を図っている。

納入した発電プラントのプラント、制御装置、部品などの設備データ、および部品の取り替え周期データなどの情報をデータベース化した予防保全管理システムにより、定期検査時に適切な予防保全ができるように情報提供するとともに、他プラントでの予防保全情報を迅速に水平展開することによってプラントの安定運転に寄与することができる。

以下、予防保全活動の中で実施しているプラントの長寿命化対策、プラント設備保全情報の整備・拡充の内容について述べる。

3 プラントの長寿命化対策

3.1 制御装置部品の特徴と保守管理方法

制御装置部品は、次に述べるような特徴を持っている。

- (1) 部品1個当たりの単価が安い多数の部品で構成される電子部品の集合体である。
- (2) 最近の急速に発展するエレクトロニクス技術の適用により、新製品の開発が早く、しかも部品の改廃が早くなる傾向にある。
- (3) 寿命が異なる多数の部品の集合体であることや、半導体部品の寿命が明確でないことから、装置としての寿命予測が困難である。

予防保全の観点から、部品の特徴と寿命を考慮して分類した寿命区分を図2に示す。

部品は、下記に述べる寿命区分別部品交換の保守管理を行う考え方としている。

(1) 消耗品

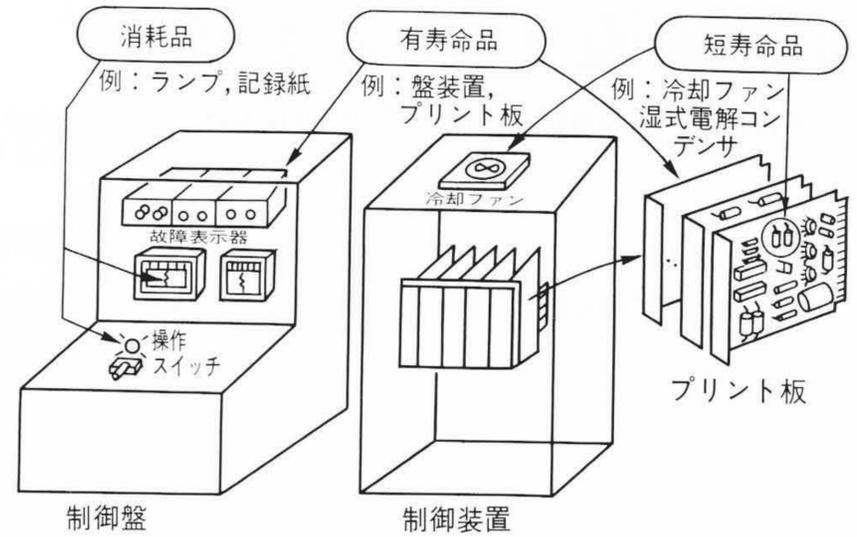


図2 制御装置部品予防保全の寿命区分 制御装置部品類は、消耗品、有寿命品および短寿命品に区分して、部品交換の管理を行っている。

ランプ、記録紙などの消耗品は、プラント内で同一形式のものを共用して、一括管理・交換する。

(2) 短寿命品

制御装置部品、回路構成部品の制御装置用冷却ファン、湿式電解コンデンサなどの短寿命品は、寿命が2～5年と比較的に短いため、プラント内のすべての部品をリストアップし、一品ごと個別にきめ細かく交換と漏れの無い管理を行う。

(3) 有寿命品

制御装置部品のうち、消耗品、短寿命品を除いた有寿命品は部品数がいちばん多く、取り替え周期も部品ごとに異なっている。このため、部品の交換来歴の管理上から、制御装置取り付け品は、部品の種類別に制御装置1面単位で交換し、また制御装置取り付け品以外は部品単位で交換する。

3.2 部品および制御装置の取り替えの考え方

制御装置は、部品の種類別に経年変化の状況および取り替え周期が異なっているため、部品レベルの取り替えを実施する場合は、部品の交換来歴を細かく管理する必要がある。このため、制御装置単位での部品取り替え基準を定め、制御装置単位で取り替え周期以内に交換すべき短寿命品・有寿命品をリストアップし、これらの部品については、部品レベルで制御装置単位に交換することが信頼性、経済性の面で優れていると考える。

3.3 制御装置部品の取り替え基準

制御装置部品の寿命は、湿式電解コンデンサなど一部の部品に対しては明らかになっているが、大部分の部品は、下記の理由で寿命予知技術が確立されていないのが現状である。

- (1) 電子部品の経年変化の大部分は、電気化学反応によって進行するため、特性、外見上の変化が明確に現れないので、現状では電子部品の寿命を非破壊的に調べる方法がない。
- (2) プリント板などの電子部品の集合体では、製造技術などの品質管理や、温度、湿度、振動など使用環境に起因する不具合が大半である。

(3) 制御装置の特性変化から、経年変化が原因であると特定できる技術が現状ではない。

制御装置部品の寿命予知技術は、今後、技術的確立を図るものとし、部品種類別に設定した取り替え周期をもとに策定した取り替え基準により、確実に交換していくことが発電プラントの稼働率向上に寄与すると考えた。

部品の取り替え周期は、同一種類の部品であっても、仕様、使用条件、環境条件、保守状況などでかなり幅を持っており、一律に規定することは困難である。以上の状況を踏まえて、部品の設計寿命、規格、文献、過去の取り替え実績、経年変化調査・評価結果などをもとに総合的に検討を加え、取り替え周期を設定した。

取り替え周期設定のフローを図3に示す。

補助継電器の取り替え周期設定例を図4に示す。補助継電器の経年変化は、接点接触不良、動作・復帰不良などの結果となって現れ、接点接触不良によるものが多いことから、接点接触抵抗に着目して経年変化調査をサンプリング方式で実施し、取り替え周期の評価を行った。

JEC-174で規定した150 mΩ以下の接点接触抵抗の管理値を目安とし、補助継電器の接点使用回路電圧から許容される接触抵抗の限界値を超える使用経過年数が約10～14年の結果となり、これに、文献、規格、取り替え実績を勘案して、取り

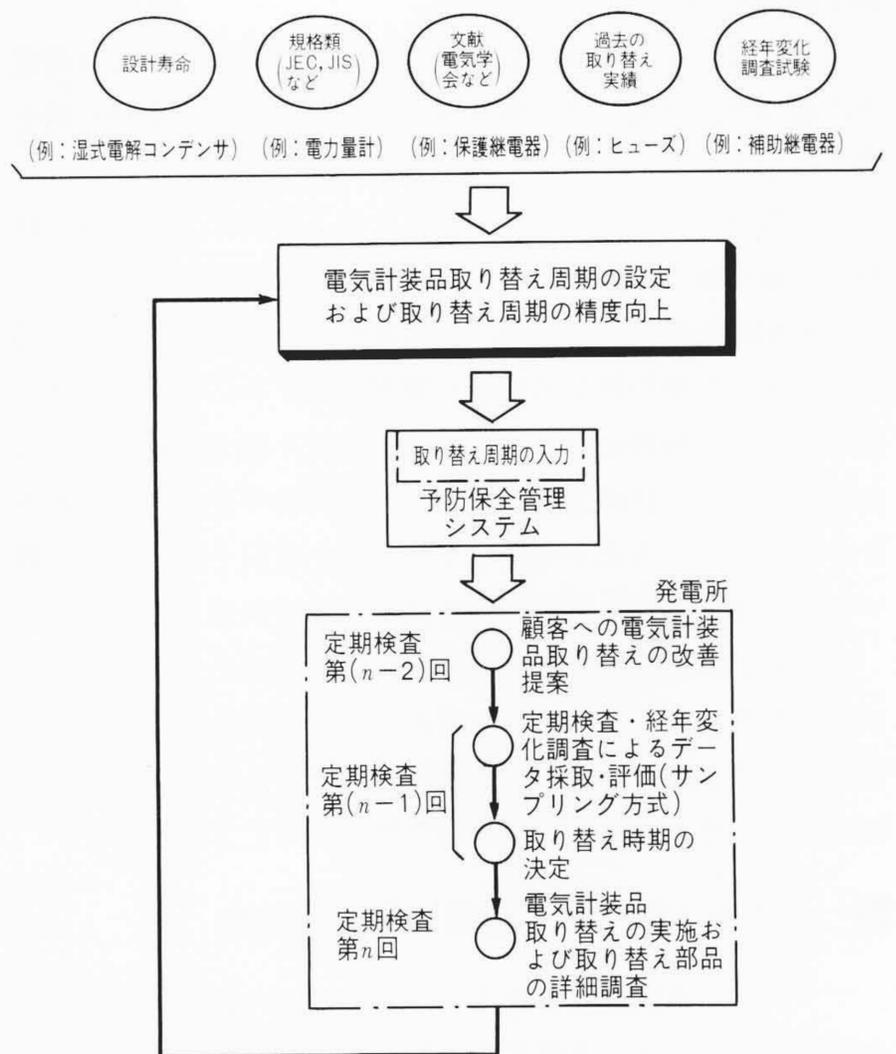
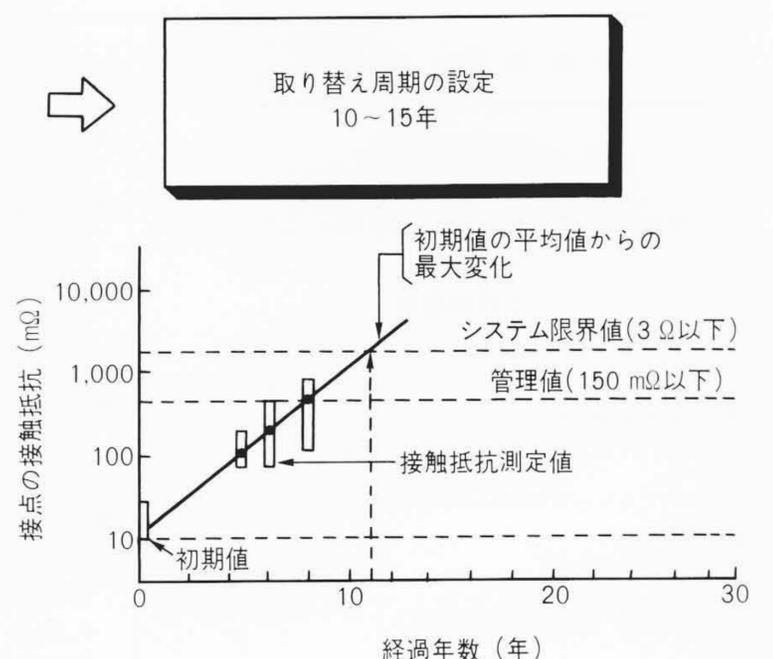


図3 制御装置部品取り替え周期設定フロー 部品の取り替え周期、規格類および経年変化調査試験結果の基礎データをベースに設定し、取り替え実績によって精度向上を図る。

項目	取り替え周期	
文献	電気学会技術報告II部第159号 「工場設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告」	5～15年
	電気と管理 昭和59年7月 「耐用年数の常識・予防保全と寿命」	15年
	日本電設工業協会(電設工業) 昭和60年12月 「電気設備の耐久性に関する調査研究報告」	約10年, または 開閉回数10万回
規格	JIS C 4530 ヒンジ形電磁継電器	開閉回数50万回 (開閉頻度 1,800回/時)
過去の取り替え実績	日立製作所内管理値	15年, または 開閉回数5万回 (5年経過で調査開始)
経年変化調査試験	Aプラント(昭和63年4月) (サンプリング方式)	10～14年

(a) 取り替え周期設定例



(b) 経年変化調査試験結果例

図4 補助継電器の取り替え周期設定例 補助継電器の取り替え周期は、経年変化調査結果から評価したものをベースに、文献などを参考に設定した。

替え周期を10~15年と設定した。

以上のような、部品の取り替え周期設定フローおよび設定例に基づき、設定した制御装置部品の取り替え基準の一例を表1に示す。

この取り替え基準で設定した取り替え周期は、取り替え時期の目安を示したものである。具体的な取り替えに当たっては、前記のとおり使用条件、環境条件、保守状況などで部品の経年変化状態が異なるので、発電プラントによって一律に適用するには無理がある。このため、取り替え時期の2~3年前に取り替え計画工程を立案し、部品経年変化の事前調査をサンプリング方式で実施して経年変化状況を評価し、発電プラントごとに取り替え時期を決定するのが望ましい。

取り替え部品の数が多い場合は、部品故障によるプラントへの影響度によって区分した重要度区分で優先順位をつけ、交換するのが合理的である。また、取り替え基準には部品種類別に取り替え判定値を含む取り替えの考え方を示した。

4 プラント設備保全情報の整備・拡充

プラントの高信頼性を維持し、制御装置の徹底した予防保全管理を行うには、多種多数の部品を含む設備情報などを集約したデータベースの整備が必要となる。このために、発電プラント全体の予防保全状態に関する各種情報をデータベース化した予防保全管理システムを開発したので、以下にその概要を述べる。

表1 制御装置部品の取り替え基準 部品の名称別に取り替え周期、重要度区分、取り替え周期の考え方をまとめ、取り替え周期をベースに部品交換を推奨し、予防保全を図る。

区分	部品名称	推奨取り替え周期	重要度区分	取り替え周期の考え方
有	補助継電器	補助継電器	1~3	● JIS C 4530 : 50万回 ● 使用条件、環境条件を考慮し、サンプリングで調査・評価する。
		電話継電器		
		水銀継電器		
有	保護継電器	電磁式	1~3	● JEC-174 : 15年 ● 動作値に10%以上偏差があった場合
		半導体式		
寿命	プリント板(盤装置用)	10~15年	1~3	● 定期検査時、経年変化調査時、許容精度を超えた場合 ● 機能・外観に異常があった場合
品	制御用抵抗器	巻線		● ボビンの変形
		可		

4.1 予防保全管理システムの特長

制御装置の予防保全管理システムのシステム構成を図5に示す。

このシステムは、次に述べるような特長を持っている。

- (1) 既設発電プラントの設備情報を、プラント→制御装置→部品と階層構造のデータベースとして設備データ検索の簡素化とスピードアップを図った。
- (2) 湿式電解コンデンサなどの短寿命品は、プラント単位で個別に出力し、顧客へ早期に定期的な提案をすることにより、部品交換漏れを防止して、事故の未然防止を図ることができる。
- (3) 予防保全関連の改善提案項目をリストアップし、プラント単位で、提案から実施状況の追跡までの一括管理を行うことができる。
- (4) 部品などによる不具合発生時、部品形式指定で各プラントへの同種部品の使用状況を検索でき、他プラントへの水平展開状況を容易に把握できる。
- (5) 予防保全関連の情報を入力してデータベース化することで、新規プラントの設計段階のデザインレビューでのチェックおよび反映により、制御装置の信頼性向上を図ることができる。

4.2 予防保全データベース

このシステムは、ホスト計算機上に、予防保全データベースとして、次に述べる情報によって構築している。

(1) プラント情報

発電プラント概要を把握するため、プラント運転開始年月、プラント出力、発電所所在地、電話番号、ボイラ・原子炉・タービン・発電機の主機メーカー名、プラント運用形態などのデータを登録している。

(2) 制御盤・制御装置情報

発電プラントへの既納入品を、制御盤・制御装置レベルで把握できるように、制御盤・制御装置名称、盤番号、設置場所、盤面数、納入年月などのデータを、プラント単位で登録管理している。

(3) 部品情報

既納入部品を制御盤・制御装置別にリストアップして、部品名称、部品形式、仕様、員数、取り替え周期、納入年月、取り替え来歴などのデータを登録している。

(4) 短寿命部品情報

発電プラント単位で、短寿命部品がすべて把握できるように短寿命部品の種類別に、それが使用されている制御装置の盤番号、員数、納入年月、納入後の経過年、取り替え周期などのデータを登録している。

(5) 図面情報

既納入制御装置の展開接続図、盤外形図、裏面接続図などの情報を登録している。

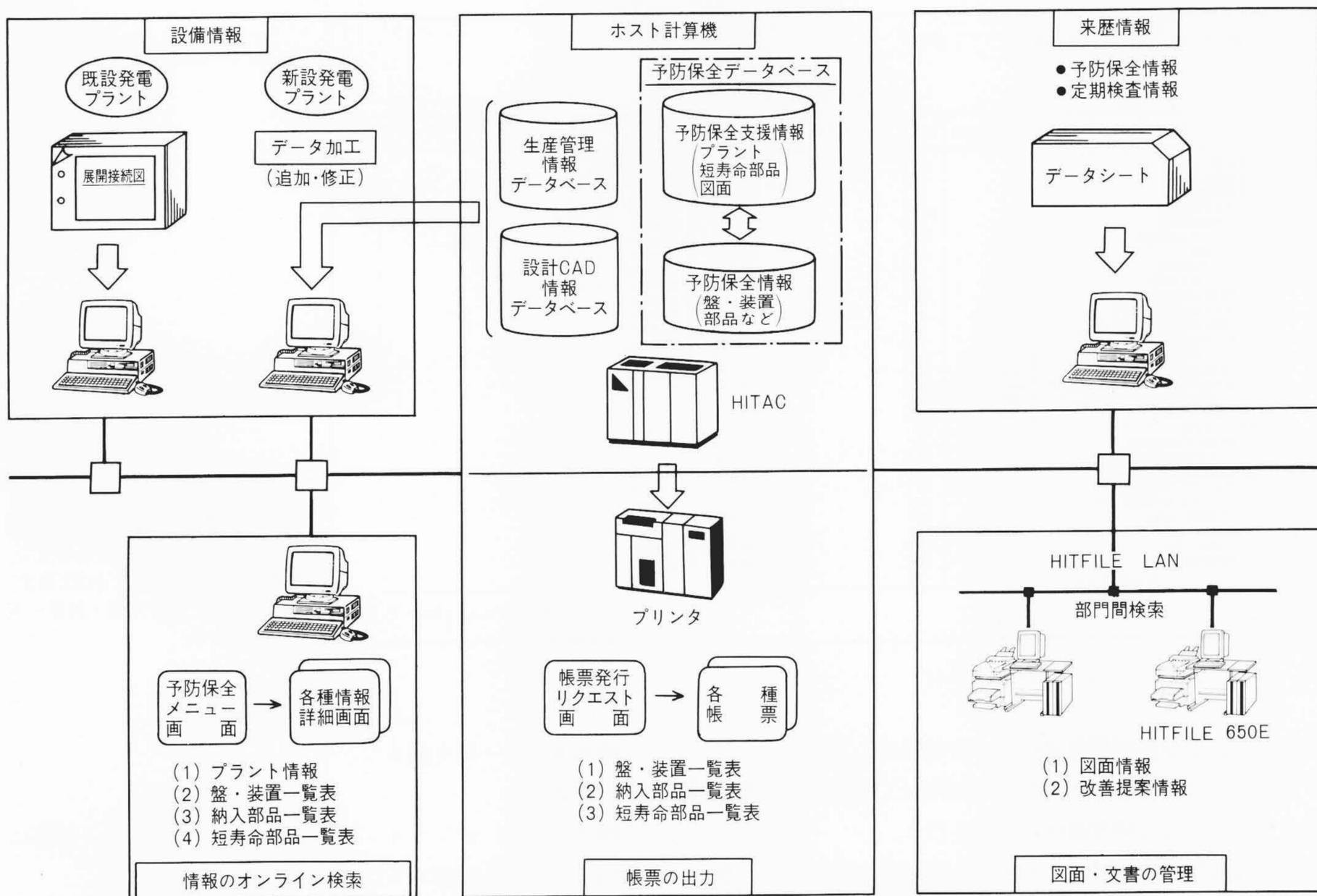


図5 システム構成図 予防保全管理システムへのデータ入力は、CRT画面から直接入力する方式を主体にし、データ検索もCRT画面で容易にできるシステムとしている。

P2FY070 <NO 12> 納入部品一覧 (原子力)

区分	部品名称	(NO)	形式 / 定格仕様	員数/納入年月
	補助リレー	()	MM4XP-JE DC110V	51 個 1987-05
	補助リレー	()	MM4P-JE DC110V	2 個 1982-06
	タイマー	()	TDS(0-5SEC) DC110V	1 個 1974-03
	タイマー	()	TDS(0-60SEC) DC110V	1 個 1982-06
	()	()	()	()
	()	()	()	()
	()	()	()	()
	()	()	()	()
	()	()	()	()

次処理: ?? 04:盤・装置一覧 05:盤・装置情報 13:部品情報
Fキー: PF2:前画面 PF9:前頁 PF10:次頁 PF11:終了 PF12:終了 次頁有り

(a) プラント別の納入部品一覧表

P2FY090 <NO 14> 短寿命部品一覧 (事業用火力)

区分	部品名称	員数	納入	経過	周期	形式・仕様
	ABNC	45	1989-4	0	6	電源装置
	BLB	35	1989-4	0	6	電源装置
	BLB	15	1989-4	0	6	電源装置
	BLB	7	1989-4	0	6	電源装置
	BSC	75	1988-2	1	5	電源装置
	HITASS	228	1988-2	1	6	電源装置
	HITASS	16	1988-2	1	6	モータ駆動ユニット
	HITASS	8	1988-2	1	6	モータ駆動ユニット

次処理: ?? 13:部品情報
Fキー: PF2:前画面 PF9:前頁 PF10:次頁 PF11:終了 PF12:終了 次頁無し

(b) プラント別の短寿命部品一覧表

図6 オンライン検索画面例 オンラインでプラント、部品、短寿命部品などの各情報が検索でき、一画面で表示できない場合は、スクロールですべての情報を容易に把握できる。

(6) 改善提案情報

既納入品の予防保全に関する改善提案などの提案項目を、プラント別に管理している。

(7) 予防保全情報

予防保全関連不具合が発生したプラント名、制御装置名、発生年月日、件名、原因などのデータを登録している。

上記の各情報のうち、プラント情報、制御装置情報、部品情報および短寿命部品情報は、顧客に対する巡回サービス活

納入先： 株式会社殿 発電所

納入盤・装置一覧表

株式会社 日立製作所大みか工場

盤・装置名称	盤番号・略称	面数	設置場所	納入・更新年	備考
2号BT盤	BT	6面		昭和51年	B616136
2号電気盤	EB	1面		昭和51年	B615097
2号補助継電器盤	IR	7面		昭和51年	B616137
ボイラ自動制御装置	APC	11面		昭和51年	B614753
ボイラ起動制御装置	BSC	3面		昭和63年	B171470
ボイラローカル制御装置	BLB	4面		昭和51年	B690027
脱硝制御装置	DENOX	2面		昭和56年	B170452
自動バーナ制御装置	ABNC	11面		昭和51年	B615094
タービン自動制御装置	HITASS	2面		昭和63年	B171571
2-自動電圧調整器盤	AVR	3面		昭和51年	B615106
励磁機周り変換器盤	INST-B	1面		昭和51年	B616138
2-制御用空気圧縮機制御盤	COMP-B1	1面		昭和51年	B615101
2-雑用空気圧縮機制御盤	COMP-B2	1面		昭和51年	B615101
2-固定子冷却盤	GCP	2面		昭和51年	B615100
2-水素密封油盤	H2B	2面		昭和51年	B615099
復水器検塩装置盤	LB1	1面		昭和51年	B615102
2-相分離母線冷却ファン盤	LB2	1面		昭和51年	B615101
2-循環水ポンプ盤	LB3	1面		昭和51年	B615101
燃料払出系統盤	LB4	1面		昭和51年	B616970
2-軸受部N ₂ ガス供給弁盤	LB5	1面		昭和52年	B615113
2-ボイラ洗排液処理遮断弁盤	LB6	1面		昭和52年	B615113
復水器連綿器具装置操作盤	LP-S	1面		昭和51年	B616334
サンプリングラック(集中ラック)	SAMP-R1	1式		昭和51年	B615098
サンプリングラック(現場ラック)	SAMP-R2	1式		昭和51年	B615098
2-平均温度用J. BOX	JB1	2面		昭和51年	B614754
2-48点式J. BOX	JB2	2面		昭和51年	B616624
2-144点式J. BOX	JB3	2面		昭和51年	B616624
2-現場操作箱	LP	1式		昭和51年	B615101

納入盤・装置一覧表PAGE: 1/END

図7 帳票出力例 既納設備データを顧客へ提出できる様式で、帳票出力ができる。この図(画面)は、プラント別納入盤・装置一覧表の例である。

動資料、および設備管理資料への情報提供の支援を行う。

図面情報は、発電プラントの定期検査、制御装置改造等の設計作業に必要な情報提供の支援を行う。

改善提案情報は、メーカー側から顧客先に予防保全の観点から改善提案の情報提供を行い、実施状況までの管理を支援する。

予防保全情報は、過去に発生した不具合を製品信頼性向上の観点から、制御装置の設計製作時、および既納製品にも他プラントへの水平展開で反映できるように、情報提供から対策結果まで一貫した管理を支援する。

4.3 データ入力・出力

(1) データ入力

データ入力は、入出力端末のCRTからの直接入力方式とデータシートによる入力方式の2方式で行えるようにしているが、データ入力の容易性、省力化の観点からCRTによる入力を優先して使用している。

入力データは高い信頼性が要求されるため、データ入力のCRT画面単位で、データチェックが後でできるように、データを保存するシステムとしている。

(2) オンライン検索

オンライン検索による情報は、前記データベースの各項目を端末のCRTにメニュー画面で一括表示して、キーボードで必要情報を選択することによってCRT上に表示し、またはハードコピーに出力して調査・分析などができる。

特に、部品情報は部品形式記号を頭から1文字、2文字と指定することで、プラント単位に一括検索できるようにしており、部品不具合発生時、形式単位で対策する場合に有効に機能するように考慮している。

検索画面の一例を図6に示す。

(3) 帳票出力

帳票出力は、オンライン検索で表示する各情報を、顧客に提出できるような様式で出力できる。

帳票出力の例を図7に示す。

5 結 言

制御装置の予防保全活動として実施しているプラントの長寿命化対策、およびプラント設備保全情報の整備・拡充の内容を中心に述べた。

プラント稼働率向上の観点から、既設経年発電プラントでの制御装置の的確な予防保全の重要な課題の一つである、制御装置・部品の取り替え基準は、経年変化診断技術の進歩、取り替え実績などにより、見直しして取り替え周期の精度向上を図っていく必要がある。

また、予防保全管理システムは、より細かな予防保全サービスができるように、機能・性能の向上とデータベースの充実を図っていく必要がある。

これらの予防保全活動を総合的に展開していくことによって、プラント安定運転と稼働率の向上にいつそう努力していく考えである。

参考文献

- 1) 電気学会技術報告：工場設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告Ⅱ部、第159号、18(昭58-11)
- 2) 日本電設工業協会：電気設備の耐久性に関する調査研究報告、電設工業、26~27(昭60-12)