

# プロセスコンピュータによる圧延設備の予防保守

## Preventive Maintenance of Rolling Mill Plants by Process Computer

柏木 雅彦\* 平輪 憲道\*  
Masahiko Kashiwagi Norimichi Hirawa

### 要 旨

鉄鋼関係におけるプロセスコンピュータの導入は高炉から圧延設備にいたるまで広範囲に行なわれているが、最近の傾向の一つに電気設備、特に圧延関係における電気設備の保全に関するプロセスコンピュータの導入が検討され始めてきた。

この傾向は電気技術者の絶対数の不足と設備の大形化、自動化に伴う保守点数の増大に対する自動点検への期待にある。

ここでは最初に圧延関係における電気設備へのプロセスコンピュータの適用について述べ、最後に最近川崎製鉄株式会社水島製鉄所へ納入した一つの保守用コンピュータシステムの概略構成について述べる。

### 1. 緒 言

圧延設備の大形化、機能の高度化は最近特にめざましいものがある。一方、このことにより機械、電気設備とも構成の複雑化が余儀なくされている。

特に電気設備中自動制御装置は複雑化し、構成機器の員数の増大による事故率の増加と故障部分の早期発見、対策が困難となってきた。

このような背景に立って設備計画者はプラントのスムーズな立ち上りを期待し、設備保全者は設備の予防保守と事故部分の早期発見を期待し、これら設備へのプロセスコンピュータの導入を検討しつつある。

一方、プロセス用ミニコンピュータの出現により、これら保守用に適した規模のコンピュータシステムの採用が可能となってきた。

ここではプロセスコンピュータを用いた設備保全への応用として

- (1) 制御装置の予防保守
- (2) 突発事故時の事故要因分析
- (3) ルーチンワークの自動化
- (4) 予備品の予測管理

について述べ、最後にその一実施例を述べる。

### 2. 制御装置の予防保守

圧延設備における電気品の突発事故中、制御装置の占める割合は圧倒的に多く約50%に達している。故障部品としては、接触器、リレー類が最も多く、また多数の電子部品の集合体であるトランジスタ式演算増幅器、関数発生器および論理素子の故障が比較的多い。

制御装置の中には高度な運転の自動化を旨としたAGC (Automatic Gauge Control) や APC (Automatic Program Control), 冷間圧延設備におけるコイルハンドリング、自動通板装置と圧延設備の基本的制御を行なう主機、補機のASR系などがあり、AGCやAPCには演算増幅器、関数発生器、論理素子などが使用され、ASR系には演算増幅器が多数使用されている。

したがってこれらの各制御装置に対して予防保守をする必要があるが最近の傾向として、AGCやAPC、コイルハンドリングなどの高度な自動制御装置は建設期間の短縮、制御精度や機能の向上、高信頼化を目的としてそれ自体をプロセス用ミニコンピュータにて構成し、コンピュータのもつ高度な判断機能により、装置自体および関連入出力装置の自動点検とメッセージを行なうようになってきており、この意味で保守用コンピュータの予防保守機能は基本的な

\* 日立製作所大みか工場

制御系でかつ多数の演算増幅器より構成される速度系の制御装置に重点が置かれるであろう。

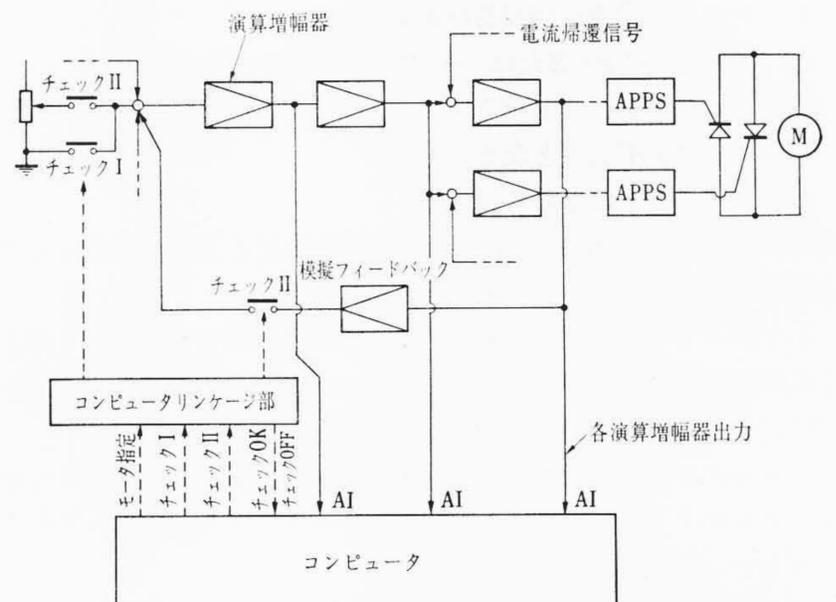
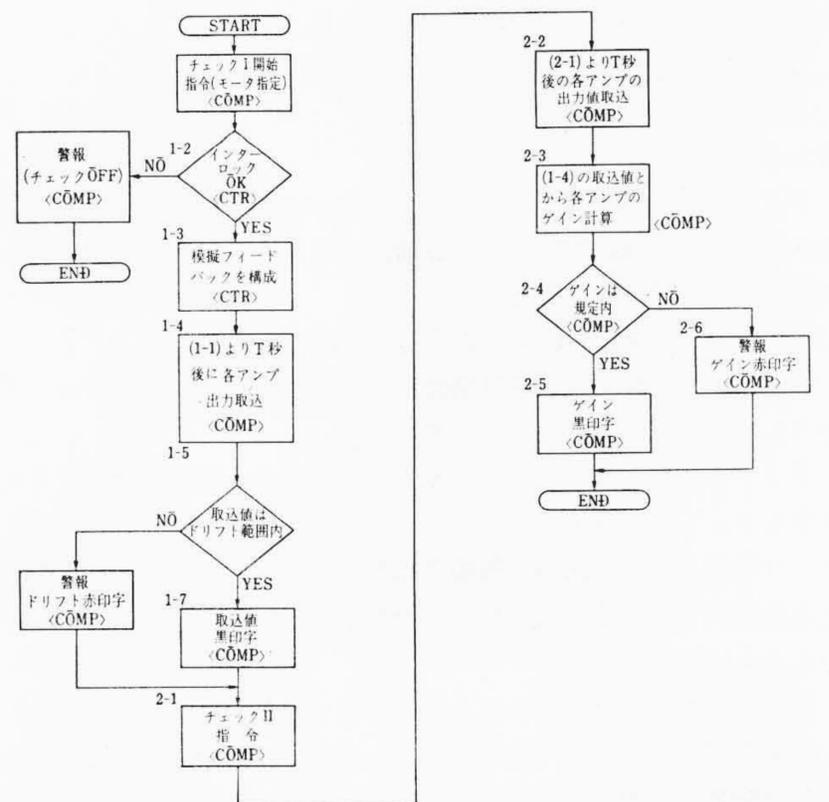


図1 速度制御系演算増幅器チェック回路



(図中く)内は処理する装置を示し<COMP>はコンピュータ、<CTR>は制御装置

図2 演算増幅器チェックフロー

DATE 1969 12/12 11:37 TOA CHECK

MOTOR	TOA	CHECK 1	CHECK 2	CHECK 3	BIAS	DRIFT	±(CNST)	INPUT	UPGAIN	GAIN	LWGAIN	(D=mV G=1/100)
#1 SD 1	1	4	-6	-1,495	0	4	116	2,000	-65	-74	-91	
#1 SD 1	2	36	41	694	0	36	68	2,000	40	32	25	
#1 SD 1	3	-3	-7	-659	0	-3	93	2,000	-25	-32	-40	
#1 SD 2	1	4	2	-1,481	0	4	116	2,000	-65	-74	-91	
#1 SD 2	2	-19	-14	641	0	-19	68	2,000	40	32	25	
#1 SD 2	3	4	0	-649	0	4	93	2,000	-25	-32	-40	
#2 SD 1	1	7	23	-1,468	0	7	116	2,000	-65	-74	-91	
#2 SD 1	2	-15	-22	632	0	-15	68	2,000	40	32	25	
#2 SD 1	3	24	32	-619	0	24	93	2,000	-25	-32	-40	
#2 SD 2	1	14	-28	-1,521	0	14	116	2,000	-65	-74	-91	
#2 SD 2	2	4	-2	650	0	4	68	2,000	40	32	25	
#2 SD 2	3	25	32	-620	0	25	93	2,000	-25	-32	-40	

図中 MOTOR はモータの名称, CHECK 1 はドリフトの取込値, GAIN はゲイン計算値

図3 演算増幅器チェック出力例

そこで予防保守の立場から動作不良となる以前に構成機器の動作チェックを行ない、動作不良の前兆の有無を検査し、決定的動作不良を防止しようとしている。具体的な例として速度制御系におけるトランジスタ式演算増幅器のチェックシステムを示すと図1のようになる。

トランジスタ式演算増幅器の異常現象は

- (1) 出力が(+)または(-)に開放しになる。
- (2) ドリフトが大となる。
- (3) 出力が不安定となる。
- (4) 出力が出なくなる。

などであり、(1)および(3)、(4)は突然に起こり(2)はゆっくりと発生することが多い。

したがって予防保守の意味からは(2)のみが該当するが図1のように制御装置の外部から診断することにより突発的に発生する(1)、(3)、(4)も事故時に故障部位の発見が可能となる。

チェックの方法は図2のフローチャートに示すようにドリフトチェックとゲインチェックからなる。

コンピュータよりの診断信号は

モータ指定 (各種のモータ指令)

チェック I (ドリフトチェック指令)

チェック II (ゲインチェック指令)

であり、制御装置よりの信号は上記モータ指定に対する

診断可能状態を示すチェック OK 信号

診断不可能状態を示すチェック OFF 信号

演算増幅器の出力(アナログ)信号

である。

ドリフトチェックは予防保守として徐々に劣化していく特性を早期に、自動的に診断するとともに、前述の突発的に発生する(1)、(3)の早期発見の手助けとなる。

ゲインチェックは(4)の早期発見の手助けとなる。

チェックの対象となる演算増幅器については数個ごとにグループ分けしてもよいし個別に行なってもよい。

ドリフトチェックにおける特性劣化と判断する基準は温度ドリフト分をチェックの上下限值とし、これを越えた場合はアラームメッセージを出し、該当演算増幅器群にドリフトチェックパターンを与える状態にて該当演算増幅器の零調整を行ない、調整不能となったものとすればよい。

図(3)は演算増幅器のチェック結果の一例を示したものである。

接触器類については、動作回数による寿命があるため各接触器の実動作回数が把握(はあく)できれば取替時期の目安を得ることができる。ただし、実際問題として使用されている全接触器の動作回数を正確に把握することは一般には困難であり経済的ではない。

そこで目安となるいくつかの接触器の補助接点を取り込み、そのON-OFF回数を計数し、ほかの多くの接触器の概略動作回数を推定し、それによって次回定修日までの推定動作回数とそれぞれ定められた保証動作回数との関係から取り替わるべき接触器とその取替日をメッセージすればよい。

### 3. 突発事故時の事故要因分析

突発事故時の事故要因分析へのプロセスコンピュータの応用は

- (1) 事故時の現象記録を行ない事故原因追求の情報を提供する
- (2) 事故時の推定原因とチェック個所、チェックフローのリストアップ

の二とおりがあるがここでは(1)につき述べる。

(1)はコンピュータの高速、高精度、時分割性を有効に利用し、従来用いられているアナログ計測器による調整保守に比べ多量のデータを適時に保守員に提供するものである。

特にまれにしか、または一度のみ起こるような稀(き)発事故時に電気、機械設備の各種データを、事故時の前後にわたり、保守員のデマンドにより再現し、やっかいな再現テストや多数の計測器のつなぎ込みを必要とせずに貴重なデータを入手することができる。

コンピュータの取込みデータとしては

各スタンド圧下量(エンコーダより)

各スタンドモータ速度(PGより)

各スタンドモータ電流(シャントより)

各スタンドモータ電圧(分圧器より)

各スタンドモータ速度指令(制御装置より)

各スタンドパルス移相器入力(制御装置より)

各スタンド界磁電流(制御装置より)

であり、これらを常時一定周期ごとに高速で取り込み数分間の履歴を時系列に記憶しておく。

一つの取込入力について何点または何分にわたるデータを記憶するかはコンピュータの記憶容量から制限を受ける。

事故要因の解析用データの提供は前述のスキャニング、記憶処理中に発生した事故(トリップ事故やミスロール)前後のデータについて行なう。すなわちトリップ事故やミスロールにより自動もしくは圧延手よりの事故発生信号がコンピュータへ優先割込信号としてはいる。

この優先割込信号を境に、それ以前の数十秒間の各データを記憶装置に凍結させる。

この状態で保守員よりの要求によりトレンドレコードを開始する。

保守員はコンピュータのコンソールより出力すべきデータの項目を指定したのち、レコード出力指令を与える。

DATE 1969, 11. 05 TIME 00:01 S.T=0030 S G.T=0030 S

ABNORMAL TMP RISE #1 MM BRGNO 1 ERROR TIME 13.34 020 025 030 035 040					ABNORMAL TMP RISE #1 MM BRGNO 2 ERROR TIME 13.34 020 025 030 035 040					ABNORMAL TMP RISE #1 MM BRGNO 4 ERROR TIME 13.34 020 025 030 035 040					ABNORMAL TMP RISE #2 MM BRGNO 1 ERROR TIME 13.34 020 025 030 035 050					ABNORMAL TMP RISE #2 MM BRGNO 2 ERROR TIME 13.34 025 030 035 040					ABNORMAL TMP RISE #2 MM BRGNO 3 ERROR TIME 13.34 020 025 030 035 040°C				
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
001.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
002.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
003.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
004.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
005.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
006.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
007.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
008.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
009.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
010.	×				.	×				.	×				.	×				.	×				.	×			
011.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
012.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
013.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
014.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
015.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
016.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
017.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
018.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
019.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
020.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
021.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
022.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
023.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
024.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
025.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
026.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
027.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
028.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
029.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
030.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			
031.	1				.	2				.	3				.	4				.	5				.	6			

図4 軸受ベアリング温度ロギング

出力形は一般のアナログ多点記録計(たとえばペンレコーダ, 電磁オシログラフ)に出力されるため1回でレコードできるデータ点数はこれらアナログ記録計の素子数により制限される。

コンピュータとアナログ記録計との接続はコンピュータからのアナログ出力(電流形の場合0~20mA, 電圧形の場合0~5V)により接続される。

またコンピュータ出力のフォーマットとしては以上のトレンドレコード形式のほかにラインプリンタやタイプライタへのデジタル形式のリスティングやタイプライタへのロギング形式などが考えられる。

図4は冷間タンDEM圧延設備におけるモートル軸受ベアリングの温度カーブをタイプライタへのロギング形式にて出力した例である。

図4は軸受ベアリング温度の上限値を故意に低く設定して圧延停止から圧延開始時の取込データを出力したものであり, 例ではスキヤニング周期30秒である。

コンピュータによるこのような機能は稀発事故時の貴重なデータの損失をなくし設備の稼働率向上へ寄与するものと思われる。

#### 4. ルーチンワークの自動化

一般に保守担当者のルーチンワークとしては

- (1) 各部温度の監視記録
- (2) 各種事故の記録
- (3) 消費電力の記録

などがありこれらを自動記録または圧延オペレータデスクと直結してレポートを作成し, 保守担当者の負担を軽減しようとするものである。

(1)は電源系統, 制御系統, 機械系統など多くの観察点があり, これらを定期的に巡回観測する訳であるがコンピュータへ, これら

の値をサーチコイルなどにより取り込み, 一定周期または一定時刻ごとにスキヤニングし, ロギングする。

もし上下限設定値を越えていた場合は警報を出し, 赤印字を行なう。これらの機能はデータロガー的使用法であり, コンピュータとしては容易に実現できる。

図4の軸受ベアリングの例はこのような機能に加うるに異常発生前後の温度上昇の様子をアナログ的にロギングしたものである。

(2)の各種事故の記録は事故発生時刻, 事故理由, 圧延開始が圧延手により設定され, 一方事故原因, 対策完了時刻が保守担当者により設定され, これらの情報より1シフトにおける圧延設備の運転状況, 事故経歴を記録するものである。

この場合は圧延手の設定入力用デスクはミルプルビットに設置され, 保守員による設定入力用デスクは保守員控室に設置される。

(3)はたとえば高圧系統, 低圧系統ごとに電力量計からのパルス入力として受信し, 積算し, 一定周期または一定時刻ごとにロギングするものである。

このほかに回転機に対するRMSの常時監視も保守用としての一機能に加えることができる。

従来圧延機の計算制御システムにおいてもスケジュール計算結果としてのRMSのチェックはモートルインタポール温度などにより代用されていたが, アーマチュア温度上昇とインタポール温度上昇の関係を一義的に定めることができずじゅうぶんな効果は期待できなかった。

特に可逆式圧延機においてはRMSのチェックは重要である。

タンDEM圧延機はモートル電流を100~200msの周期で取込み処理してもじゅうぶんな精度をあげることができるが可逆式圧延機においてはより精度高くRMSの検出が必要であり, 50ms程度の周期で電流の取込み処理を行なう必要がある。このときコンピュータ単独の処理ではその利用率が非常に高くなり, RMSチェック以外

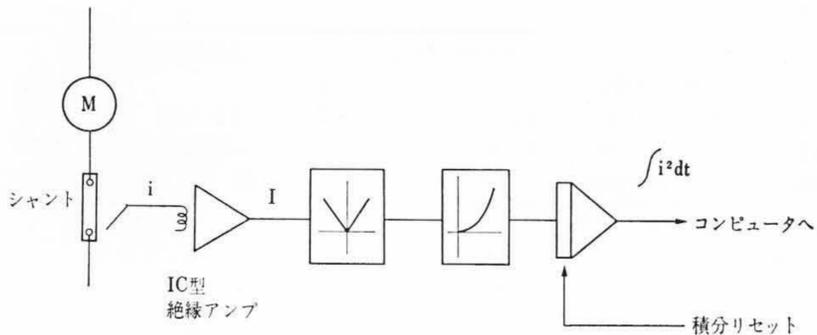


図5 RMS 取込回路

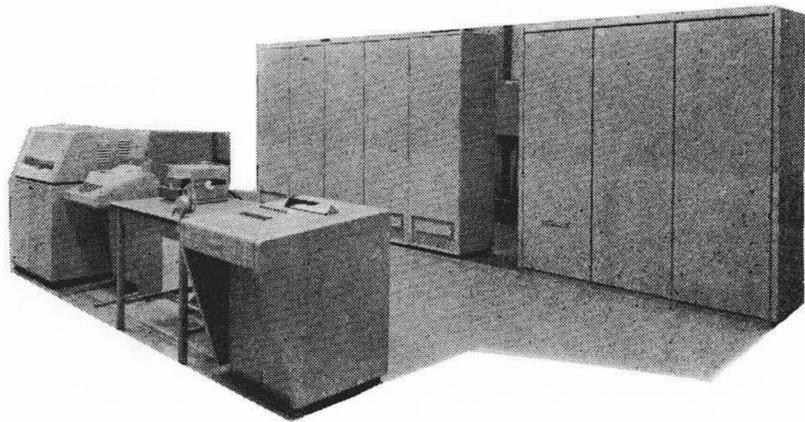


図6 予防保守機器構成

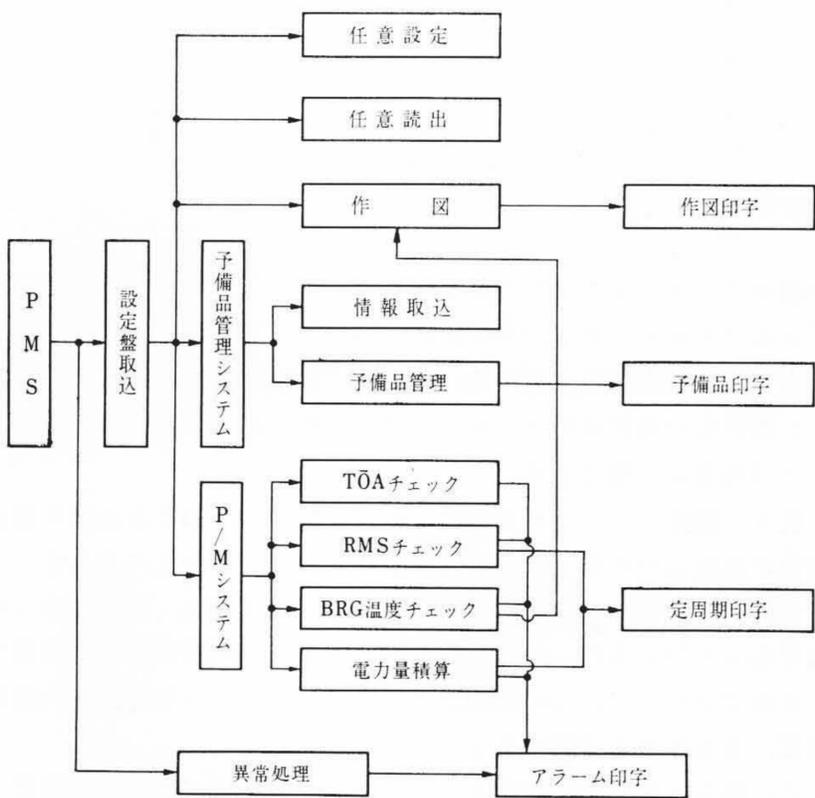


図7 ソフトウェア構成図

の処理が大きな制約を受けることがあるため入力処理部に若干のアナログ回路の付加が必要となる。

図5はRMS用付加回路の例を示したものである。

アナログ回路の積分時間は、その積分特性より60秒程度である。積分器のリセットはコンピュータ内蔵のタイマによって精度よく行なわれ、コンピュータは60秒ごとに $\int i^2 dt$ 値を取り込んで積分器をリセットし、前回の積分取込値に加算し、RMSチェック周期になるまでこの操作を続け、チェック周期到達時(周期は任意にデスクより選定可能で、周期到達は内蔵タイマによって認識する)に今までのアナログ加算値と経過時間とからRMSを算出し、定格値と比較し異常であれば警報を発し、RMSを赤印字する。

### 5. 予備品の予測管理

予備品管理は圧延工場の予備部品の在庫管理を行なうものであり、特に多量の予備品を高い頻度(ひんど)で交換するもの、たとえ

表1 HIDIC-100 中央処理装置仕様

演算ユニット	2進並列
プログラム	ストアドプログラム
アドレス方式	インダイレクト指定、インデックス修飾可能
主記憶装置	コアメモリ、サイクルタイム 2 $\mu$ s
優先割込レベル	6(レベル)×8(要因)
数値語	固定小数点 符号1+数値15(ビット)
命令語	1語命令と2語命令
演算速度	加減算 16.5 $\mu$ s
	乗除算 ソフトウェアおよびハードウェア(オプション)

ばカーボンブラシ、接触器などについて行なうものである。

管理の内容としては

- (1) 品切れの予想と発注指示
- (2) 現在在庫量のメッセージ
- (3) 在庫管理パラメータの変更とこれに伴う発注指示

などである。

品切れの予想は

$$[\text{現在在庫量}] - [\text{製作期間}] \times [\text{使用率}] \leq [\text{最底在庫量}]$$

となったときアラームメッセージを出す。発注量Cは

$$C = [\text{最適数}] - \{[\text{現在在庫量}] - [\text{製作期間}] \times [\text{使用率}]\}$$

にて算出される。

在庫量のメッセージは全品目または指定された品目について、

[現在数],[最低数],[最適数],[使用率],[既発注数],[入庫累積],[出庫累積]などをロギングし、部品の現状を把握するものである。

コンピュータとの会話は保守員による出庫、入庫の設定を行なう設定デスクと処理結果を出力するニクシー表示およびロギングである。

予備品の在庫管理そのものは必ずしも設備の予防や保守機能と同一視はできないが、部品数の増大に伴い今後この分野へのミニコンピュータの応用は必要になるとと思われる。

### 6. コンピュータシステム

前項までは予防および保守用としてのコンピュータの一般的応用を述べてきたが、ここでは最近川崎製鉄株式会社水島製鉄所に納入されたシステムについてそのハードウェア、ソフトウェアの概略構成を述べる。

#### 6.1 ハードウェア構成

予防保守用システムの中核をなすコンピュータは日立小形プロセスコンピュータHIDIC-100であり、全構成は次のとおりである。

中央処理装置	HIDIC-100 コア8kW
磁気ドラム装置	16kW×4
プロセス入出力装置	割込要因数 6レベル×8要因
	アナログ入力 138点
	デジタル入力 21点
	デジタル出力 32点

リレー制御装置	一式
操作デスク	一式
万能入出力装置	一式
紙テープリーダー	一式
タイプライタ	一式
MGセット	一式

図6はその写真を、表1はHIDIC-100の仕様を示したものである。

#### 6.2 ソフトウェア構成

本システムの機能は演算増幅器の予防保守、RMSチェック、各部温度チェック、予備品管理システムなどにより構成されている。

ソフトウェアの構成は外部からの優先割込処理や入出力処理を行

なりシステムプログラム、PMS (Process Monitor System) と保守関係のアプリケーションプログラムと予備品管理関係のアプリケーションプログラムを管理するシステムオペレーションタスクおよびシステムオペレーションタスクより制御される各種アプリケーションプログラム(タスク)よりなる。

アプリケーションタスクの総数は39個であり、このうちシステムオペレーションタスク数は2個で容量2.5kW、予防保守関係タスク数は12個で容量7.5kW、予備品管理関係タスク数は13個で容量5.5kW、残りはデスク入力およびサポート関係のタスクでタスク数12個で容量17.5kWである。

機能的には

- (1) 制御装置の予防保守としてトランジスタ式演算増幅器(TOA)のチェック
- (2) モートルRMSの監視
- (3) ベアリング温度監視
- (4) 電力量積算処理
- (5) カーボンブラシの在庫管理

を行なっている。

タスク間の概略構成図は図7に示すとおりである。

機能のスタートはシステムオペレーション用押しボタンスイッチ「メンテナンス」または「予備品管理」のいずれかを押すことにより行なわれる。

「メンテナンス」が押された場合は、予防保守関係のタスクが稼働を始める。このとき、デスクからRMSチェックや各種温度チェックなどの周期をあらかじめ任意設定機能により指定してやることができる。

また「予備品管理」が押されると予備品管理関係のタスクが稼働可となり、以降、デスクよりの入庫、出庫などの操作が可能となる。

もし「メンテナンス」や「予備品管理」が押されていないときにデスクよりなんらかのActionを行なっても、設定ミスのアラームが出され設定は無効である。また「予防保守」のみが押されている場合に予備品管理関係のActionがあっても上と同様無視される。

## 7. 結 言

圧延設備におけるプロセスコンピュータの新しい分野である電気設備の予防と保守についていくつかの適用例を述べた。

この分野はいまだ確立されたものではなく、設備計画者の間ではぼつぼつ検討が始められている程度であるが、電気品、特に制御装置のめざましい進歩と設備の大形化、人員の不足などから今後とも保守体制に対する新しい構想が生まれるものと思われる。

かかる観点から今後とも創造的な保守方式の検討が続けられねばならない。

終わりに、種々ご助言をいただいた川崎製鉄株式会社の関係各位に厚くお礼申し上げる次第である。

## 特 許 の 紹 介

特許 第555836号 (特公昭44-8641号)

町 田 金 重・山 口 輝 雄

### 連 続 鋳 造 装 置

この発明は連続鋳造装置において、切断装置を常に定位置に停止させることができ、かつ切断後のインゴットを切断装置とともに案内レールに沿って下降させ得るようにしたものである。

連続鋳造装置には一定長さのインゴットを得るために、案内レール3に沿って上下動する切断装置2が設けられているが、従来の装置では、切断装置を上下動させる電動機が停止指令にもかかわらず慣性により多少回転するため、切断装置を定位置に停止させることが困難であった。また切断後のインゴット1を支持し下降させるために、ストロークの大きいシリンダ装置を必要とした。

この発明は、切断トーチ4とクランプ機構5を有する切断装置2をけん引帯6を介して駆動装置7により上下動しうるようにするとともにこのけん引帯6に生じる過張力を吸収するための張力装置8を設けたことを特長とするものである。

すなわち、切断指令に基づき電動機9がドラム10を回転してけん引帯6を巻き取ると、切断装置2は所定位置まで上昇しリミットスイッチ15にて電動機9への電流を切るのであるが、電動機9は慣性によりその後も回転を続けるので、切断装置2はストップ16に突き当たる。そしてもしその後も電動機9が回転を続けたとしても、その慣性力は張力装置8の張力錘(すい)12が13のように移動することにより吸収されるので、切断装置2は定位置から変化することはない。張力錘12は13の位置に移動する間にリミットスイッチ17を開に切り換えるので、電動機9は開放されドラム10は逆回転される。したがって、張力錘12は14の方向に下降するが、下降時にリミットスイッチ17を閉に切り換えるので、ドラム10の回転は阻止され、張力錘12は14の位置に停止することができる。

インゴット1の切断完了後切断装置2はインゴット1とともに案内レール3に沿って急速に下降するが、リミットスイッチ17が開に切り換えられているので、電動機9が発電機として利用され、かつ制動回路11の設定象荷によりその速度はすぐ危険のない緩定速度に達することができるものである。(山元)

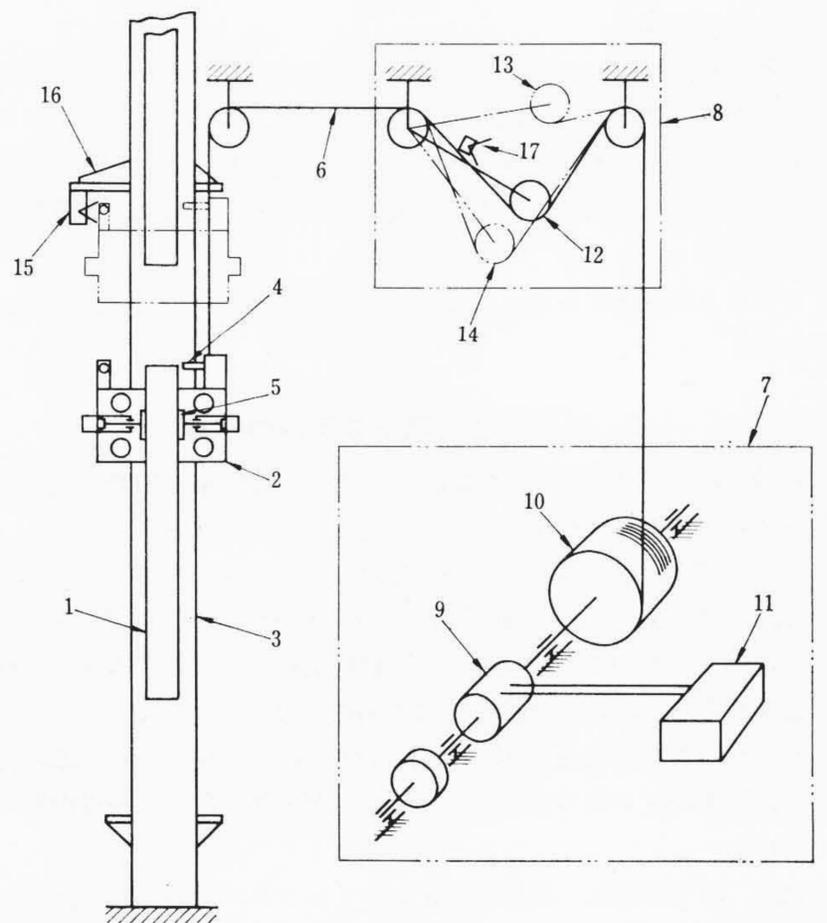


図 1