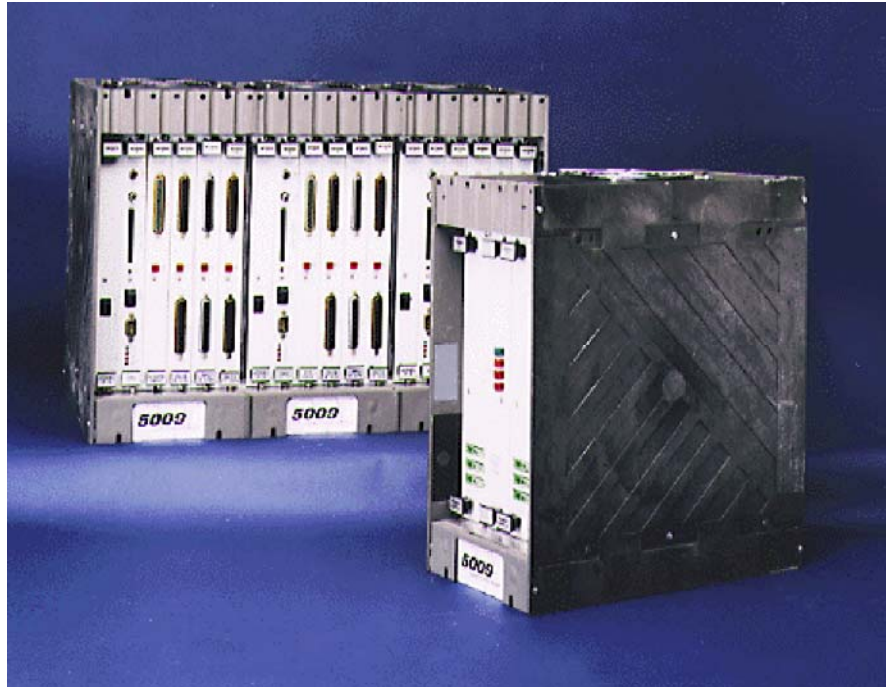




運転マニュアル



MicroNet™ TMR5009 デジタル制御装置

第1巻 運転マニュアル

WOODWARD GOVERNOR (JAPAN), LTD.
日本ウッドワードガバナー株式会社
〒261-7119 千葉県千葉市美浜区中瀬 2-6
ワールドビジネスガーデン・マリブウエスト 19F
PHONE:043 (213) 2191(代表) FAX:043 (213) 2199



警告：マニュアル原文の改訂に注意

この文書の元になった英文マニュアルは、この翻訳後に再び加筆、訂正されている事があります。このマニュアルを読む前に、このマニュアルのレビジョン(版)と最新の英文マニュアルのレビジョンが一致しているか、必ず確認してください。

マニュアル JA85580V1(B 版)

人身事故および死亡事故防止の為の警告



警告—マニュアルの指示を厳守する事

弊社の装置の設置、運転もしくは保守を行う場合には、事前にこの操作説明書とその他の関連する印刷物をよく読んでおく事。プラントの運転方法、その安全に関する指示、および注意事項についてよく理解しておかなければならない。もしこのような指示に従わない場合には、**人身事故**もしくは**物損事故**が発生する事もあり得る。



警告—マニュアルの改訂版に注意する事

この説明書が発行された後で、この説明書に対する変更や改訂が行われた可能性があるため、読んでいる説明書が最新であるかどうかを弊社のウェブサイト www.woodward.com/pubs/current.pdf でチェックする事。各マニュアルのマニュアル番号の末尾に、そのマニュアルの最新のレビジョン・レベルが記載されている。また、www.woodward.com/publications に入れば、ほとんどのマニュアルをPDF形式で入手する事が可能である。もし、そのウェブサイトが存在しない場合は、最寄の弊社の支社、または代理店に問い合わせる事。



警告—オーバースピードに対する保護

エンジンやタービン等の様な原動機には、その原動機が暴走したり、その原動機に対して損傷を与えたり、またその結果、**人身事故**や**死亡事故**が発生する事を防止する為に、オーバースピード・シャットダウン装置を必ず取り付けする事。

このオーバースピード・シャットダウン装置は、原動機制御システムからは完全に独立して動作するものでなければならない。安全対策上必要であれば、オーバテンペレイチャ・シャットダウン装置や、オーバプレッシャ・シャットダウン装置も取り付けする事。



警告—装置は適正に使用する事

弊社の製品の機械的、及び電気的仕様、または指定された運転条件の限度を越えて、許可無く弊社の製品の改造、または運転を行った場合、**人身事故**並びに、製品の破損も含む**物損事故**が発生する可能性がある。そのような無許可の改造は、(i)「製品およびサービスに対する保証」に明記された「間違った使用方法」や「不注意」に該当するので、その結果発生した損害は保証の対象外となり、(ii)製品に関する認証や規格への登録は無効になる。

物的損害および装置の損傷に対する警告



注意

この装置にバッテリーをつないで使用しており、そのバッテリーがオルタネータまたはバッテリー充電装置によって充電されている場合、バッテリーを装置から取り外す前に必ずバッテリーを充電している装置の電源を切っておく事。そうしなければ、この装置が破損する事がある。

電子制御装置の本体およびそのプリント基板を構成している各部品は静電気に敏感である。これらの部品を静電気による損傷から守るには、次の対策が必要である。

- 装置を取り扱う前に人体の静電気を放電する。(取り扱っている時は、装置の電源を切り、装置をアースした作業台の上にのせておく事。)
- プリント基板をプラスチック、ビニール、発泡スチロールに近付けない事。(ただし、静電破壊防止対策が行われているものは除きます。)
- 手や導電性の工具でプリント基板の上の部品や導通部分(プリント・パターンやコネクタ・ピン)に触らない。

警告／注意／注の区別

警告: 取り扱いを誤った場合に、死亡または重傷を負う危険な状態が生じることが想定される場合

注意: 取り扱いを誤った場合に、軽傷を負うかまたは物的損害のみが発生する危険な状態が生じることが想定される場合

注: 警告又は注意のカテゴリーに記された状態にはならないが、知っていると便利な情報

改訂されたテキスト部分には、その外側に黒線が引かれ、改訂部分であることを示します。

この出版物の改訂の権利はいかなる場合にもウッドワードガバナー社が所有しています。ウッドワードガバナー社からの情報は正確かつ信頼できるものでありますが、特別に保証したものを除いてその使用に対しては責任を負い兼ねます。

© 1998 by Woodward Governor Company,
All Rights Reserved

目 次

第 1 章 5009制御装置とは	1
制御システムの設置手順	1
第 2 章 この装置の概要	5
5009とは	5
5009のフォールト・トレランス	5
速度入力	7
アナログ入力	8
ディスクリート入力	10
アナログ表示出力	11
アクチュエータ出力	12
リレー出力	16
DDE通信ポート	17
Modbus 通信ポート	18
プリンタ通信ポート	19
インタフェース／通信ロジック	20
5009制御システムの入出力	21
速度センサ入力	21
アナログ入力	21
ディスクリート入力	22
アナログ表示出力	22
アクチュエータ出力	22
リレー出力	23
通信ポート	23
PCI プログラム	24
第 3 章 制御機能の概要	27
制御の概要	27
シングル・バルブ・タービンとスプリット・レンジ・バルブ・タービン	27
抽気タービン	28
混気タービン	29
抽気／混気タービン	30
ブロック図	31
第 4 章 制御システムの設計方法	39
5009を使用した制御システムについて	39
速度／負荷 PID	39
抽気／混気 PID (抽気／混気タービンのみ)	39
補助 PID	40
カスケード PID	40
5009で構成するアプリケーションの例	41
例 1: タービンの前圧を制限しながらポンプ／コンプレッサの吐出し圧を制御する	43
例 2: デュアル・コイル・アクチュエータでタービンの前圧を制限しながら、 ポンプ／コンプレッサの吸込み圧を制御する	45
例 3: 発電機出力の制限およびインポート／エクスポート電力の制限を行いながらタービンの背圧制御を行う	47
例 4: DRFD サーボ・インタフェースを使用してインポート／エクスポート電力を制御する	50
例 5: DRFD サーボ・インタフェースを使用してインポート／エクスポート電力を制御する	53
例 6: アイランド・モードでアイソクロナス負荷分担とタービンの前圧制御を行う	57
例 7: アイランド・モードでアイソクロナス負荷分担とインポート／エクスポート電力、または背圧の制御を行う	61
例 8: 発電機出力を制限しながら、タービンの前圧と背圧の制御を行う	66
例 9: ブートストラップ始動を行う混気タービンを制御する	70

例10:プラントの負荷制御および蒸気圧制御を行う	73
例11:誘導発電機の駆動を行う	76
第5章 5009の制御機能	77
タービン始動モード	77
マニュアル・スタート・モード	78
V1 初期位置	79
セミオートマティック・スタート・モード	80
オートマティック・スタート・モード	81
ゼロ速度信号無効	82
始動許可条件接点	83
バルブ・リミッタ	83
V1 初期位置	84
HP バルブと LP バルブの最小位置リフト・リミッタ	84
タービン始動ルーティン(アイドル 定格速度間)	85
アイドル速度の設定無し	85
速度設定の手動調整	85
アイドル/定格速度ランプ	85
オート・スタート・シーケンス	86
危険速度域の回避	89
速度制御機能の概要	90
速度 PID の動作モード	91
速度制御	91
周波数制御	93
発電機ユニットの負荷制御	93
速度設定値	95
周波数制御の実行と解除	96
スピード・コントロール・デュアル・ダイナミクス	97
リモート速度設定	98
リモート速度設定のステータス・メッセージ	99
同期投入	99
同期投入のステータス・メッセージ	100
同期投入/負荷分担	100
同期投入/負荷分担のステータス・メッセージ	103
抽気タービン、混気タービン、抽気/混気タービンの制御	103
抽気タービンの制御	104
混気タービン、抽気/混気タービンの制御	106
抽気/混気制御のステータス・メッセージ	107
抽気/混気入力	108
抽気/混気制御のダイナミクス	108
抽気/混気制御のドループ	108
抽気/混気制御の設定値	109
リモート抽気/混気設定	109
レシオ/リミッタ	111
レシオ/リミッタ・ロジック不使用	112
HP&LP カップリング	112
前圧デカップリング	112
背圧デカップリング	113
前圧&背圧デカップリング	113
速度制御と抽気/混気制御の優先順位	118
補助制御	120
補助制御をリミッタとして使用する場合	121
補助制御をコントローラとして使用する場合	122
補助制御のダイナミクス	123

発電機負荷のリミッタ／コントロール	123
補助制御ドループ	123
反転型の補助制御	124
補助制御の設定値	124
リモート補助設定	124
リモート補助設定が有効になる条件	125
カスケード制御	126
カスケード制御のステイタス・メッセージ	127
カスケード・ダイナミクス	128
カスケード設定値	128
カスケード設定値のトラッキング	128
カスケード設定値のトラッキングを行わない場合	128
カスケード・ドループ	129
反転型のカスケード制御	129
リモート・カスケード設定値	129
リモート・カスケード設定のメッセージ	129
リモート・カスケード設定が有効になる条件	130
非常停止	131
通常停止	131
時計用 IC の時刻合わせ	132
ローカル／リモート切替え機能	132
リレー	134
各リレーの機能	134
第 6 章 5009の運転方法	137
5009制御装置への電源投入	137
バルブ／アクチュエータの調整とテスト	138
アクチュエータ駆動信号の調整方法	139
始動手順	140
速度表示画面	141
アイドル／定格速度によるスタート	141
オート・スタート・シーケンス	142
ダイナミクスの調整	142
比例動作	143
積分動作	143
微分動作	143
比例応答	143
比例ゲインと設定値増減の効果	144
積分応答	144
比例＋積分応答(クローズド・ループ)	146
積分要素と設定値増減の効果	146
微分応答	147
比例＋微分(クローズド・ループ)	148
微分要素と設定値増減の効果	149
比例＋積分＋微分(クローズド・ループ)	149
微分要素を付け加える	150
現場における一般的な調整要領	151
調整の例	152
速度制御、カスケード制御、補助制御、抽気／混気制御のダイナミクスの調整	153
PとIのゲインの調整	153
デュアル・ダイナミクス(速度／負荷)	154
カスケード制御、補助制御、抽気／混気制御のドループ	154
微分要素の調整	154
オーバースピード・テスト機能	155

運転状態の表示	157
速度制御	158
補助制御	159
カスケード制御	160
バルブ・リミッタ	161
抽気／混気制御	162
アラーム	162
第 7 章 静電破壊防止対策	163
第 8 章 装置の返送要領	165
製品の保守とサービスに付いて	165
部品や装置の交換	165
通常の修理	165
通常のオーバーホール	166
装置の返送要領	166
装置を本体ごと梱包する	166
その他の注意事項	166
交換用部品	166
弊社の所在地、電話、FAX 番号	166
その他のアフタ・マーケット・サービス	167
システム・トラブルシューティング・ガイド	169
アクチュエータ	169
リンケージ	169
バルブ	169
油圧系統	170
燃料噴射ポンプ	170
燃料／蒸気	170
制御状態表示、アラーム表示、異常表示	170
入力信号	170
出力信号	171
トランスデューサ	171
マグネティック・ピックアップとその他の速度センサ	171
電源の入力電圧	171
電気系統の配線	172
ボルテッジ・レギュレータ	172
他の装置	172
技術情報	173
工場名と所在地	173
原動機に関するデータ	173
ガバナに関するデータ	173

図 と 表 の 目 次

図 1-1. キャビネットに組み込んだ制御システムの概観	3
図 1-2. 制御システム内の各ハードウェアの外形	4
図 2-1. システムのモジュール配置図	6
図 2-2. 2重交換 & 多数決ロジックの構造	7
図 2-3. フォールト・トレラント・アナログ入力	9
表 2-1. リダンダンシ・マネジャの真理値表	10
図 2-4. フォールト・トレラント・ディスクリート入力	10
図 2-5. フォールト・トレラント・アナログ出力	12
図 2-6. フォールト・トレラント・シングル・コイル・アクチュエータ出力	14
図 2-7. フォールト・トレラント・デュアル・コイル・アクチュエータ出力	15
図 2-8. フォールト・トレラント・ディスクリート出力	17
図 2-9. フォールト・トレラント DDE 通信ポート	18
図 2-10. フォールト・トレラント Modbus 通信ポート	19
図 2-11. フォールト・トレラント Modbus 通信ポート	20
図 2-12. ローカル／リモート選択ロジック	21
図 2-13. メイン・スクリーン	25
図 3-1. 普通の抽気または混気蒸気タービンの構造	27
図 3-2. スプリット・レンジ・タービンまたは混気タービンの構造	28
図 3-3. 抽気／混気蒸気タービン	29
図 3-4. 5009 制御システムで使用する記号に付いて	31
図 3-5. シングル・タービンやスプリット・レンジ・タービンの構成(速度 PID とリモート速度設定)	32
図 3-6. シングル・タービンまたはスプリット・レンジ・タービンの構成(補助 PID をリミッタとして使用)	33
図 3-7. シングル・タービンまたはスプリット・レンジ・タービン(補助 PID をコントローラとして使用)	34
図 3-8. 抽気／混気タービンの構成(補助 PID をリミッタとして使用)	35
図 3-9. 抽気／混気タービンの構成(補助 PID をコントローラとして使用)	36
図 3-10. 抽気／混気タービンの構成(デカップリングされた HP & LP レシオ・リミタ、補助 PID はリミッタとして使用)	37
図 3-11. 抽気／混気タービンの構成(デカップリングされた HP & LP レシオ・リミタ、補助 PID はコントローラとして使用)	38
表 4-1. 各例の特徴と使用できる機能	42
図 4-1. タービンの前圧を(あるレベルより上に)制限しながらポンプ／コンプレッサの吐出し圧を制御する	43
図 4-2. デュアル・コイル・アクチュエータでタービンの前圧を制限しながら、ポンプ／コンプレッサの吸込み圧を制御する	45
図 4-3. 発電機出力の制限およびインポート／エクスポート電力の制限を行いながらタービンの背圧制御を行う	47
図 4-4. DRFD サーボ・インタフェースを使用してインポート／エクスポート電力を制御する	50
図 4-5. DRFD サーボ・インタフェースを使用してインポート／エクスポート電力の制御を行う	53
図 4-6. アイランド・モードでアイソクロナス負荷分担とタービンの前圧制御を行う	57
図 4-7. アイランド・モードでアイソクロナス負荷分担とインポート／エクスポート電力または背圧の制御を行う	61
図 4-8. 発電機出力を制限しながら、タービンの前圧と背圧の制御を行う	66
図 4-9. ブートストラップ始動を行う混気タービンを制御する	70
図 4-10. プラントの負荷制御および蒸気圧制御を行う	73
図 5-1. マニュアル・スタート・モードの例	79
図 5-2. セミオートマチック・スタート・モードの例	81
図 5-3. オートマチック・スタート・モードの例	82
図 5-4. アイドル／定格速度によるタービンの始動	86
図 5-5. オート・スタート・シーケンス	87
図 5-6. 速度制御のファンクション・ブロック図	91
図 5-7. 速度 PID の制御モード	92
図 5-8. 周波数と発電機負荷の関係	94
図 5-9. 制御速度範囲	96
表 5-1. オンライン／オフラインのダイナミクスの切替え	98
図 5-10. 負荷分担ロジック	102
表 5-2. 負荷分担制御ロジック	103
図 5-11. 抽気／混気制御概略図	104

図 5-12. 入口流量(HP)と出口流量(LP)が両方共カップリングされた場合	115
図 5-13. 入口流量(HP)だけがデカップリングされた場合	116
図 5-14. 出口流量(LP)だけがデカップリングされた場合	117
図 5-15. HP と LP が両方共デカップリングされた場合	118
図 5-16. 制御動作の優先順位のフロー・ダイヤグラム	120
図 5-17. 補助制御概略図	121
図 5-18. カスケード機能概略図	127
表 6-1. アクチュエータ駆動電流の範囲	138
図 6-1. 比例ゲインの設定	144
図 6-2. オープン・ループでの比例応答と積分応答	145
図 6-3. クローズド・ループでの比例動作と積分動作の制御応答	146
図 6-4. 積分ゲイン(リセット)の設定とその制御応答	147
図 6-5. クローズド・ループでの比例動作と微分動作	148
図 6-6. 微分要素の設定とその効果	149
図 6-7. クローズド・ループでの比例動作と積分動作と微分動作	150
図 6-8. 通常の負荷変動による制御応答	152

第 1 章

5009制御装置とは

蒸気タービン制御用 5009 フォールト・トレナント制御システムのマニュアルは、以下の 4 巻により構成されており、内容は各巻毎に違います。MicroNet TMR 5009 制御システムをより良く理解して頂く為に、1巻から4巻まで通してお読み下さる事を、お勧めします。

第 1 巻では、制御システムの構成、制御装置の機能、フォールト・トレナント・ロジック、制御ロジック、PID 設定値の入力方法、制御システムの運転手順に付いて解説しています。

第 2 巻では、装置のハードウェア、機械系統と電気系統の実装方法、ハードウェアの仕様、ハードウェアのトラブルシューティング・ヘルプ、および基本的な修理方法に付いて解説しています。

第 3 巻では、パーソナル・コンピュータ上で動作する 5009 制御装置用インタフェース・ソフトウェア・プログラム(PCI)のインストール方法、PCI の各機能と(PROGRAM, SERVICE, RUN などの)運転モードに付いて解説し、制御装置の Modbus レジスタと DDE タグ名の一覧表を記載しています。

第 4 巻では、OpView オペレータ・コントロール・ステーションの設置方法と運転方法の詳細に付いて解説しています。OpView は、オプションの装置です。

制御システムの 設置手順

1. この制御システムのマニュアルを 1 巻から 4 巻まで通して読んで、システムの全容を理解する。
2. 第 2 巻の配線図を参考にしながら、これから 5009 を設置する為のタービン・サイトの制御システム全体の配線図を作成し、この配線図とこのマニュアルの第 2 巻を見ながら、機械装置および電気装置の取り付けと接続を行う。
3. 5009 制御システムに電源を投入して、3 個の CPU モジュールを全てリセットする。(第 2 巻を参照)
4. 制御システムのカーネル C の CPU モジュールとパーソナル・コンピュータを、付属の RS232 シリアル通信ケーブルで接続する。パーソナル・コンピュータは将来 PCI プログラムを実行可能である事。
5. Windows 95 または Windows NT を搭載したパーソナル・コンピュータに PCI プログラムをインストールする。PCI を立ち上げて、メニュー形式の設定画面で 5009 制御装置の各項目の設定を行う。
6. 制御システム全体の配線と機能をチェックする。制御システムで発生している全てのトリップとアラームを解除する。(第 1 巻の第 7 章を参照)アクチュエータのリンケージとストロークを調整する。(第 1 巻の第 6 章を参照)

タービンを始動させる準備ができたなら、第 1 巻の第 6 章に記載されている運転方法に従って操作を行います。各 PID コントローラのダイナミクスは、最初のタービン始動時に調整します。(第 1 巻の第 7 章を参照の事)

この第 1 巻では、弊社の TMR5009 制御装置を組み込んで作成する制御システムと、この制御システムの運転方法の解説を行ないます。主な項目は、次の通りです。

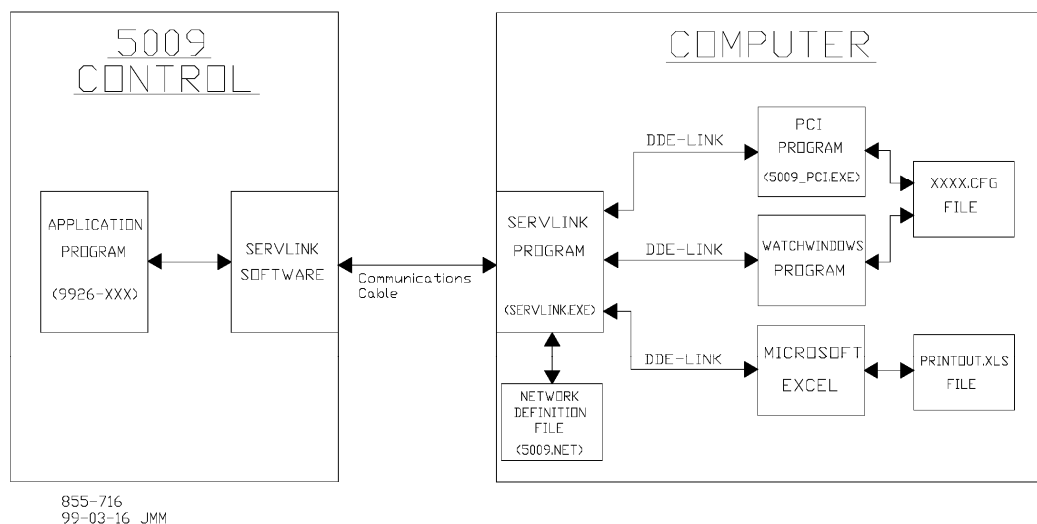
- 制御システムの概要説明
- I/O の制御方法などの機能の詳細説明
- 制御システムの運転方法
- 付属部品の説明

- 始動手順に関する様々な機能の詳細説明
- アラームおよびトリップ発生時に表示されるメッセージの詳細な説明
- Modbus パラメータに関する解説

このハードウェア・マニュアルに記載されている内容は、全ての 5009 制御システムに共通する事柄です。お客様が現在お使いになっていらっしゃる制御システムのみに関連する事柄は、記載されていません。5009 デジタル制御システムのハードウェアの構成には、何通りかあります。電源の構成に応じてそれぞれタイプが異なり、更にキャビネット組み込みか否か、OpView 付きか否か、DSLCL パネル付きか否か、ローリング・リスタート・ステーション付きか否かによっても、ハードウェアの構成は違ってきます。このマニュアルでは、5009 で可能な全種類のハードウェア構成に付いて解説していますので、以下の説明では、お客様が現在お使いの 5009 とは関係のない項目もかなりあるはずですが、図 1-1 に、オプションのパワー・センサ (RPS) とデジタル・シンクロナイザ & ロード・コントロール (DSLCL) を接続した 5009 制御システムの全体図を示します。

5009 制御システムを制御システム収納用のキャビネットと一緒に受注した場合は、制御システムがキャビネット内に完全に組み込まれ、配線された状態で出荷されます。5009 制御システムのみを受注して、収納用のキャビネットは受注しなかった場合は、制御システムの各部品が個別にお客様宛てに発送されます。この場合、各部品を受取った後で、お客様がこのマニュアルの説明を見ながら、各部品をお客様の制御パネルに取り付けなければなりません。図 1-2 は、5009 の標準のハードウェア構成で使用される部品、およびオプションのハードウェア構成で使用される部品の一覧表です。

このマニュアルでは、タービン・システム全体の運転方法に付いては解説していません。タービンやプラントの運転方法に付いては、プラントを建設した会社に問い合わせる必要があります。



PCI プログラムと5009の関係

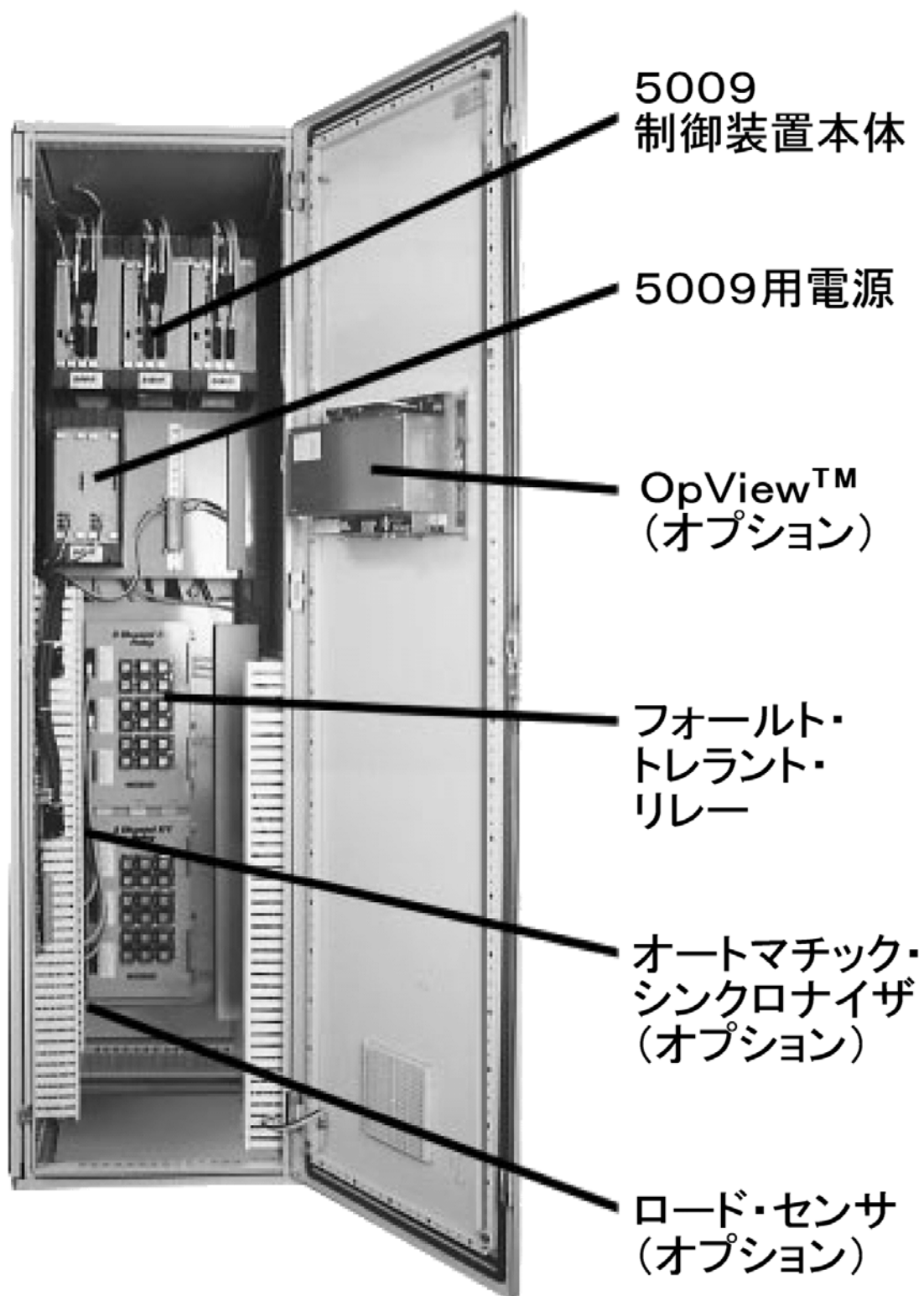


図 1-1. キャビネットに組み込んだ制御システムの概観

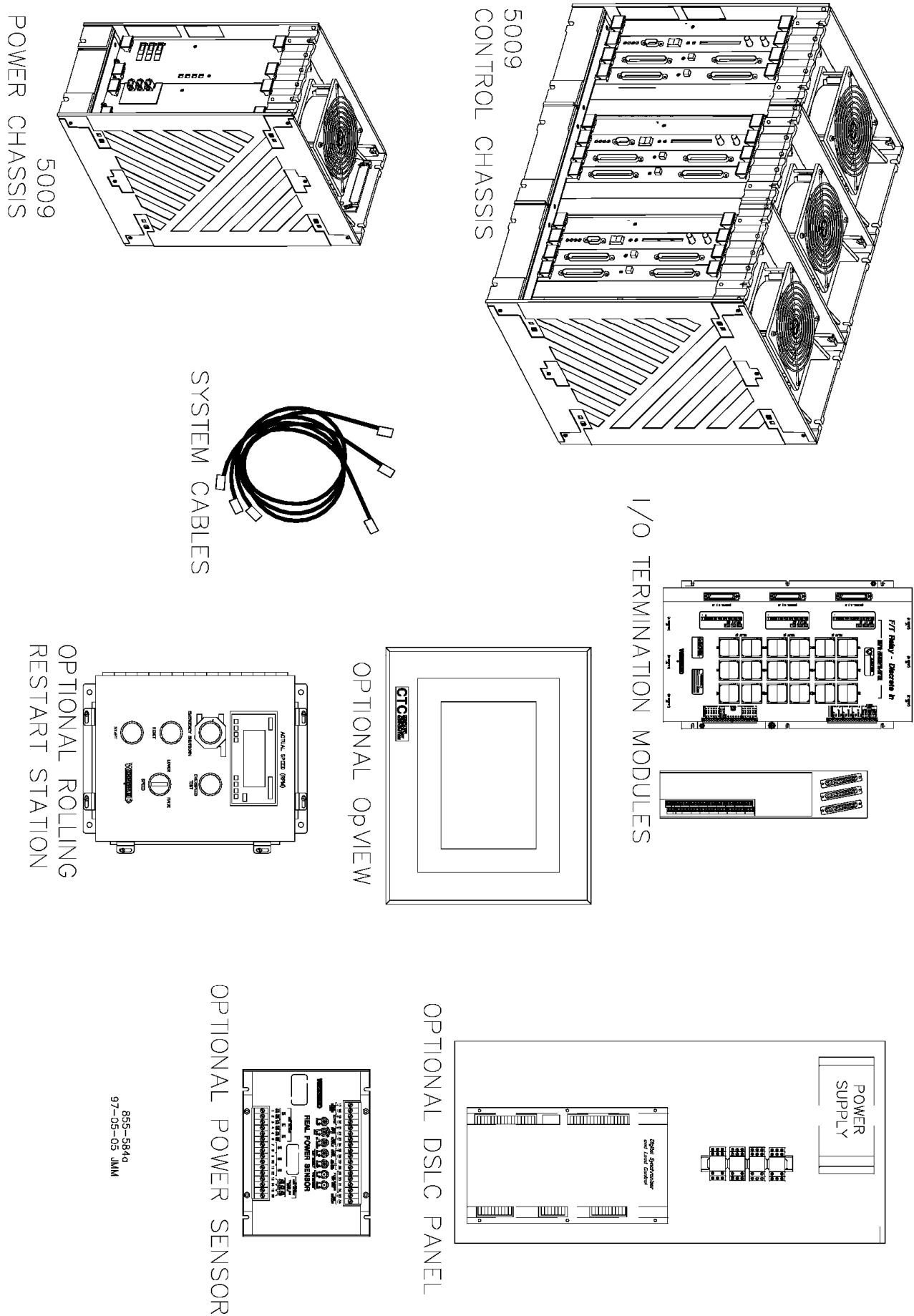


図 1-2. 制御システム内の各ハードウェアの外形

第 2 章 この装置の概要

5009とは

5009 フォールト・トレラント制御システムは、シングル・バルブ、スプリット・レンジ・バルブ、1段抽気タービン、1段混気タービン、1段抽気／混気タービンを制御する為の装置です。5009 制御システムは、使用するハードウェアは1種類ですが、現場でプログラムを変更する事によって各タービンの仕様に合わせて装置の機能を様々に変更する事ができるので、従来の制御装置に比べて価格はより安く、納期は短くなっています。また、Windows 上で動作するプログラム(PCI)を使用して、装置の設定値の入力・変更を行ったり、コンピュータから制御ソフトウェア(アプリケーション・ソフトウェア)の変更を行ったり、コンピュータからハードウェア・テストを行ったり、操作制御盤の代わりにコンピュータで制御装置の操作を行う事ができます。この制御装置は、スタンド・アロンの装置として使用する事もできますし、プラントの分散処理システム(DCS)に組み込んで使用する事もできます。

5009の フォールト・ トレランス

この制御装置のフォールト・トレラント・アーキテクチャの基本は、制御装置に関連する故障を検出し、検出した故障をオペレータに通報し、故障したモジュールやトランスデューサの修理や交換を活線状態で行えるという事です。

このようなアーキテクチャを使用していますので、発生した故障が1箇所のみであれば、タービンを停止せず、運転を続行する事ができます。3-2-0 の CPU フォールト・トレランス・ロジックにより、CPU モジュールのどれかひとつが故障するか、引き抜かれても、この制御装置は正常に動作します。3-2-1-0 のアナログ I/O フォールト・トレランス・ロジックにより、任意の1個または2個のアナログ I/O モジュールが故障するか、引き抜かれても、この制御装置は正常に動作します。2-1-0 の電源フォールト・トレランス・ロジックにより、電源のどちらか一方が故障するか、引き抜かれても、この制御装置は正常に動作します。

3個の独立したカーネル・セクション(カーネル A、B、C)には、各1個のカーネル電源モジュール、各1個の CPU モジュール、およびアナログ I/O モジュールとディスクリート I/O モジュールを装着します。(図 2-1 を参照の事) 1枚のマザーボードは、9個の電氣的に分離したデータ通信径路を内蔵しています。各 CPU は、自分自身のカーネルの中の VME モジュール、および他のカーネルの中の CPU モジュールと各1本のデータ通信径路で接続されています。従って、5009 には、冗長性およびエラー・チェックを行う為の CPU 間の通信径路が合計6本あります。

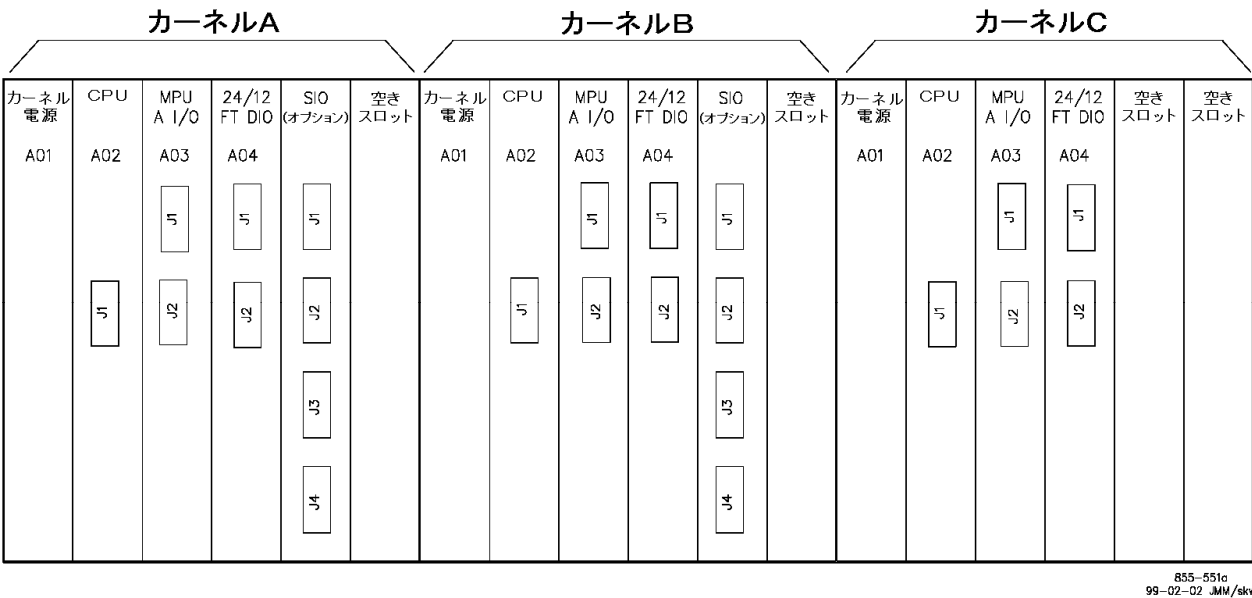


図 2-1. システムのモジュール配置図

制御装置の入出力は、全て3重化モジュラ・リダンダント(TMR)構成になっています。従って、個々のアナログ入力や速度入力は、制御システムの A~C の 3 個のカーネル全てによってモニタされ、どの値が正しいか多数決(voting)によって決定されます。各入力信号は、FTM(フィールド・ターミネーション・モジュール)で分岐／分割され、それぞれ専用の I/O ケーブルを通して各カーネルに転送されます。このような構造になっているので、モジュールの活線挿抜を行う事も可能です。制御装置の各出力信号は、3 個のカーネルの出力信号の合計です。この制御装置は、各カーネルからの出力信号が正常であるかどうかを常にモニタしていますので、出力が故障した時には、必ず、これを検知し、アラームを発生させ、出力の故障に対して適切な処置を行う事ができます。

5009 制御システムは、非常に重要な制御パラメータを複数のトランスデューサで検出するという手法によって、制御装置の外側に付いても冗長化する事ができます。ある1個の重要な制御パラメータを、(複数のトランスデューサ／MPU で検出して)4 本の速度入力信号、もしくは 3 本のアナログ入力信号で 5009 制御装置に入力するように設定する事ができます。

3 個の CPU モジュールでは、全く同一の制御ソフトウェアを走らせます。各カーネルへの全ての入力信号は、他のふたつのカーネルへ転送されます。そして、各 CPU では、入力値を制御ソフトウェアに渡す前に、自分自身が読んだ値と、他の CPU が読んだ値を比較します。システムの構成によっては、あるひとつの入力信号に付いて最適の値を制御ソフトウェアに渡す為に、多数決ロジックで 9 個の入力値を比較する事もあります。こうすると、図 2-2 に示すデータ通信径路のどれかで支障が起きた為に、あるデータを正常に転送できなかった場合でも、全ての CPU で同一の正しいデータを使用する事ができます。この時の制御ロジックの演算に際しては、3 個の CPU 全てで、多数決によって得られた同一の入力信号を使用する事により、同一の出力信号を作成します。

全ての出力値は、カーネル間で交換されて、3 個のカーネルからの出力値の多数決が取られ、最も正しいと思われる値が出力されます。この制御システムでは、単独で不具合が発生しても正常に動作するのは勿論ですが、複数の不具合が同時に発生しても、不具合が発生したカーネル・セクションをシャットダウンしない場合があります。1 個のカーネル・セクションで永続する不具合が発生した場合には、アラームが表示され、そのカーネルはアプリケーション・プログラムの実行を停止します。図 2-2 に、MicroNet TMR の入出力の構造を示します。

5009 制御システムでは、冗長化アーキテクチャを使用する事によって、この制御装置がタービンを定格出力で運転している時であっても、1度に1枚ずつであれば、どのモジュールでも引き抜く事ができます。(これを活線挿抜、または“hot replacement”と言います。)このタイプのアーキテクチャは、以下のモジュールを使用している時のみ、全ての制御機能を実行する事ができます。

- 主電源モジュール (通常 2 枚)
- 2×カーネル電源モジュール (通常 3 枚)
- 2×CPU モジュール (通常 3 枚)
- 2×ディスクリート I/O モジュール (通常 3 枚)
- 1×アナログ I/O モジュール (通常 3 枚)

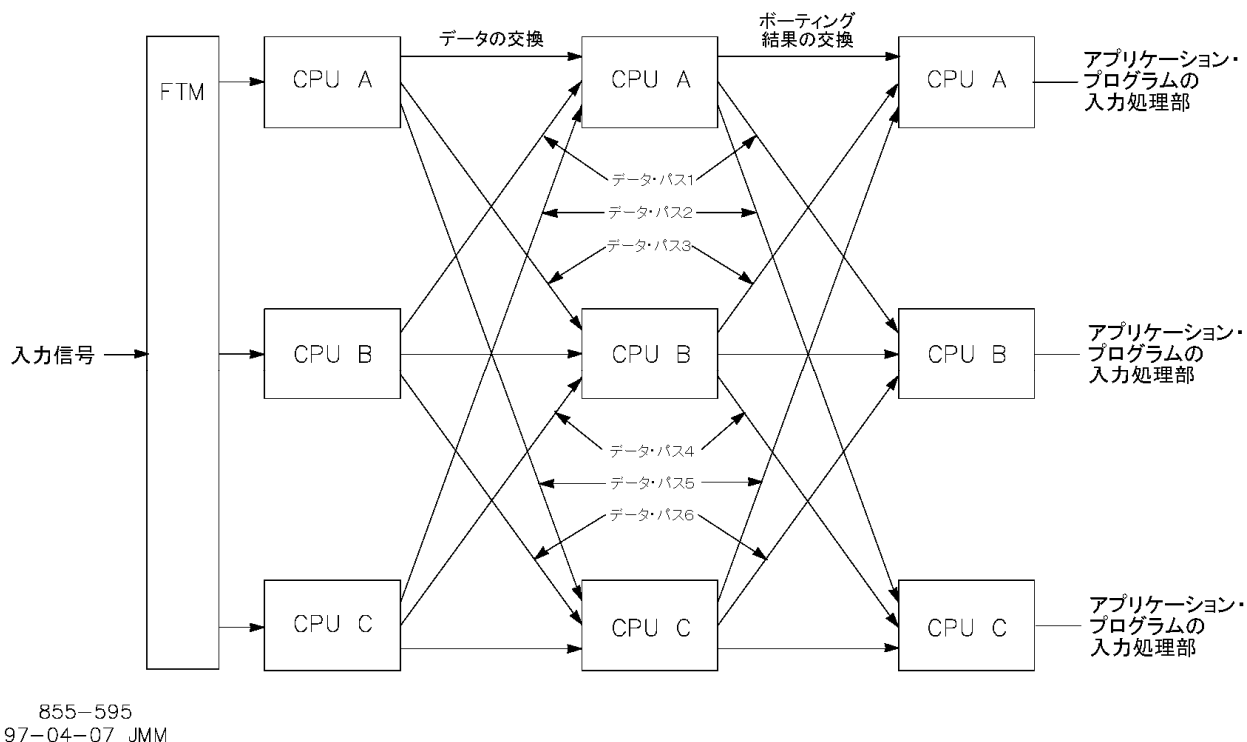


図 2-2. 2重交換 & 多数決ロジックの構造

速度入力

この制御装置には、1個から4個までの速度信号を入力する事ができます。各速度信号は、3個のカーネル全てによってモニタされます。従って、この制御装置では、全部で12本の速度信号で速度を検出している事になりますから、もし、速度信号の入力回路の複数の地点で故障が発生したとしても、速度制御の機能が低下する事はありません。12本の速度信号の内、1本でも正常な信号が入力されれば、この装置は正しく速度の検出を行います。

速度信号は全て、アナログ・ターミネーション・モジュール(ATM)を経由して、5009制御装置に接続されます。現場の各装置からの配線は、一旦入力信号接続用のターミネーション・モジュールに接続されて、ここで、各カーネルに分岐されます。各カーネルでは、入力値を互いに交換し合い、間違った値を多数決により排除した後、アプリケーション・ソフトウェアのリダンダンシ・マネージャは、各カーネルで多数決により選択した値から、アプリケーション・ソフトウェアで使用する値を決定します。

図 2-3 は、制御装置の入力アーキテクチャを図示したものです。表 2-1 は、入力信号に様々な故障が発生した時に、リダンダンシ・マネジャがどのような判定を行うかを一覧表にしたものです。

速度入力信号が、速度信号故障レベル (Speed Failure Level) の設定値未満であれば、その速度信号は正常ではないと判定され、入力信号の多数決ロジックから排除されます。この速度信号故障レベルは、PCI プログラムの SERVICE モードで設定・調整されますが、どのカーネルのどの速度入力に対しても基準として参照されます。PCI プログラムの操作方法については、このマニュアルの第3巻を参照してください。

入力値正常範囲外アラームは、4 本の速度信号入力チャンネルのどれかが、他の速度信号入力チャンネルによって検出され、多数決論理によって正しいと決定された信号とはかけ離れた信号を検出している時に作動します。ある入力チャンネルで検出した信号値が多数決論理により正しいとされた値と異なり、その差が速度制御ロジックの Max Deviation の設定値より大きければ、その入力チャンネルでアラームが発生します。このようなアラームは、入力チャンネル (のチャタリング) や MPU の不具合により、入力信号が時折異常に高くなったり、低くなったりする時に発生します。Max Deviation の設定値は、SERVICE モードにおいて Overspeed Limit の設定値の 0.1~20 % の範囲で設定・変更可能であり、その初期値は Overspeed Limit の設定値の 1 % です。あるチャンネルで、入力値正常範囲外アラームが発生する為の条件が成立しても、他の入力チャンネルが故障した場合に備えて、このチャンネルは、多数決ロジックから切り離される事無く、依然として制御に使用されます。

複数の速度入力信号 (MPU または近接スイッチ) が使用される場合の多数決ロジックは、以下のとおりです：

- 正常なセンサが 4 個の場合、中間の値を検出した 2 個のセンサを使用する。
- 正常なセンサが 3 個の場合、中間の値を検出したセンサを使用する。
- 正常なセンサが 2 個の場合、検出値が高いほうのセンサを使用する。
- 正常なセンサが 1 個の場合、正常な 1 個のセンサを使用する。

アナログ入力

(例えば、抽気／混気入力信号や補助入力信号やカスケード入力信号のような) 非常に重要な信号をこの制御装置に入力する場合、トランスデューサを 1 個接続する方法もありますし、2 個接続する方法もありますし、3 個接続する方法もあります。しかし、(例えば、リモート設定信号のような) それ程重要ではない信号を入力する場合、入力信号 (トランスデューサ) を 1 本だけしか使用しません。1 個のアナログ入力に関して、故障が 2 箇所までであれば、制御機能が低下する事はありません。3 本のアナログ信号の入力端子の内の 2 本が故障しても、この制御装置は、残っている 1 本の入力チャンネルで信号を検出して、制御を行います。

アナログ入力信号は全て、アナログ・ターミネーション・モジュール (ATM) を経由して、5009 制御装置に接続されます。現場の各装置からの配線は、一旦入力信号接続用のターミネーション・モジュールに接続されて、ここで、各カーネルに分岐されます。各カーネルでは、入力値を互いに交換し合い、間違った値を多数決により排除した後、アプリケーション・ソフトウェアのリダンダンシ・マネジャは、各カーネルで多数決により選択した値から、アプリケーション・ソフトウェアで使用する値を決定します。図 2-3 は、制御装置の入力アーキテクチャを図示したものです。表 2-1 は、入力信号が様々なに変化した時に、リダンダンシ・マネジャがどのような判定を行うかを一覧表にしたものです。

入力チャンネルの各入力端子 (leg) は、他のふたつの入力への配線をそれぞれ取り外す事により、その信号入力回路をテストしたり、SERVICE モードから入力回路の調整結果を調べたりする事ができます。(オプションの機能) PCI 上での PROGRAM モードの操作方法については、第3巻を参照してください。

アナログ入力信号は、その入力値が Fail Low Value の設定値未満になるか、Fail High Value の設定値を越えると、故障したと見なされます。このような、故障検出の為の設定値は、PCI 上の SERVICE モードで設定・変更が可能です。この初期値は、入力信号が 2 mA および 22 mA に対応するレベルに設定されています。ある入力信号が正常ではないと判定された場合、この入力、多数決ロジックには使用されなくなります。

入力値正常範囲外アラームは、入力チャンネル、または入力端子 (leg) のどれかで検出し、多数決論理によって正しいと決定された信号とはかけ離れた信号を検出している時に作動します。ある入力チャンネルで検出した信号値が多数決論理により正しいとされた値と異なり、その差が速度制御ロジックの Max Deviation の設定値より大きければ、その入力チャンネルでアラームが発生します。このようなアラームは、入力回路の故障や制御システムのトランスデューサの調整不良によって発生します。Max Deviation の設定値は、SERVICE モードにおいて、そのアナログ信号に対して設定された入力レンジの 0.1~10 % の範囲で設定・変更可能であり、その初期値は、設定された入力レンジの 1 % です。ある入力チャンネルで、入力値正常範囲外アラームが発生する為の条件が成立しても、他の入力チャンネルが故障した場合に備えて、このチャンネルは、多数決ロジックから切り離される事無く、依然として制御に使用されます。

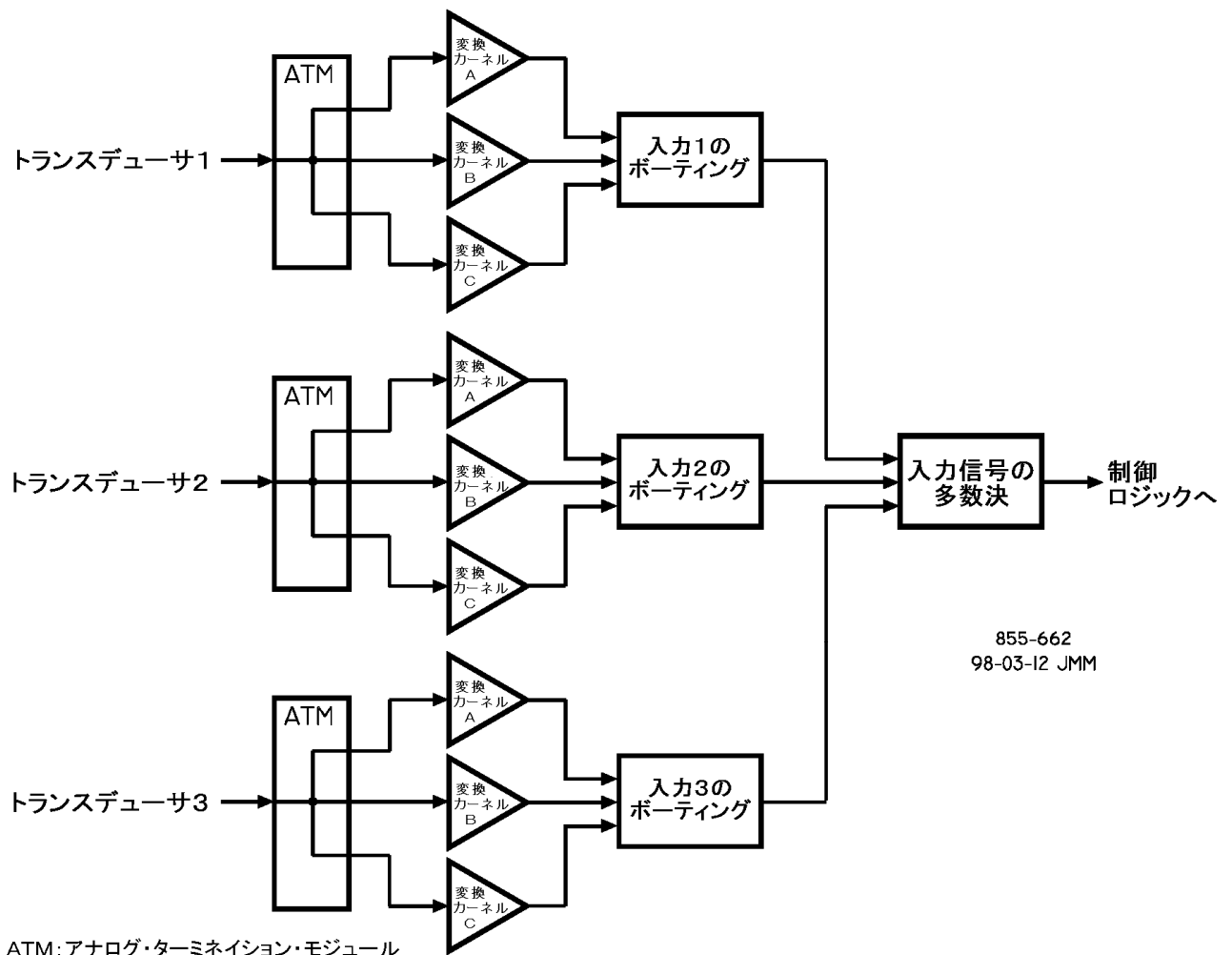


図 2-3. フォールト・トレラント・アナログ入力

855-662
98-03-12 JMM

カーネルA の故障	カーネルB の故障	カーネルC の故障	ブロックからの出力(アプリケーション・プログラムへの入力)
FALSE	FALSE	FALSE	入力AとBとCの中間値
FALSE	FALSE	TRUE	入力AとBのHSS*
FALSE	TRUE	FALSE	入力AとCのHSS*
FALSE	TRUE	TRUE	入力A
TRUE	FALSE	FALSE	入力BとCのHSS*
TRUE	FALSE	TRUE	入力B
TRUE	TRUE	FALSE	入力C
TRUE	TRUE	TRUE	アプリケーション・プログラムへの入力=0 / FAULT フラグ ON

*HSS⇒High Signal Select TRUE:故障あり FALSE:故障なし

表 2-1. リダンダンシ・マネジャの真理値表

ディスクリート
入力

この制御システムは、1 個のディスクリート入力において、2 箇所までなら故障が発生しても、機能を低下させる事無く、正常に動作します。1 個のディスクリート入力の、3 本の入力端子 (leg) の内の 2 本までが故障しても、制御システムは、残っている 1 本の入力端子で信号を受けながら制御を行います。

ディスクリート信号は全て、ディスクリート・ターミネーション・モジュール (DTM) を経由して、5009 制御装置に接続されます。現場の各装置からの配線は、一旦、入力信号接続用のターミネーション・モジュールに接続されて、ここで、各カーネルに分岐されます。各カーネルでは、入力値を互いに交換し合い、間違った値を多数決により排除した後、アプリケーション・ソフトウェアのリダンダンシ・マネジャは、各カーネルで多数決により選択した値から、アプリケーション・ソフトウェアで使用する値を決定します。図 2-4 は、この制御装置のディスクリート入力アーキテクチャを図示したものです。

ディスクリート入力信号は、その入力値が多数決ロジックにより正しいと判断された値とは異なっていれば、故障したと見なされます。ある入力信号が正常ではないと判定された場合、この入力は、多数決ロジックには使用されなくなり、その入力チャンネルでアラームが発生します。故障した入力回路が正常な状態に復帰した後で、この制御装置に RESET コマンドを入力すれば、アラームをリセットする事ができます。

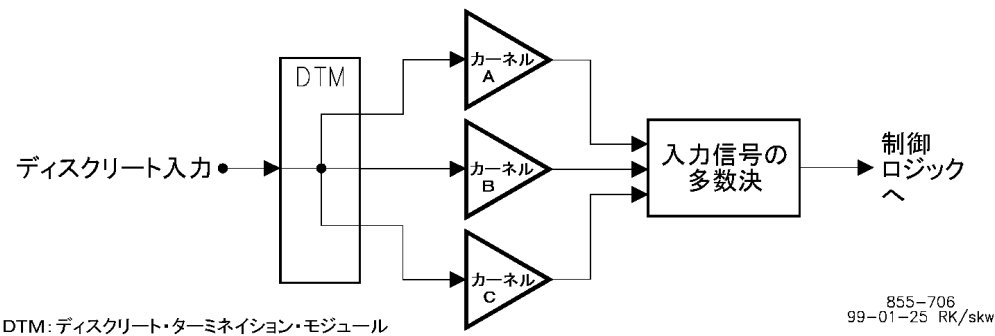


図 2-4. フォールト・トレラント・ディスクリート入力

**アナログ
表示出力**

この制御装置のアナログ出力(readout)は、同時に2箇所までであれば、故障が発生しても機能を低下させる事無く動作します。アナログ出力の各チャンネルは、どの端子でも 4-20 mA を駆動する事ができます。各 CPU でアナログ出力値を計算したなら、その出力値は CPU 間で互いに交換された後で多数決が取られ、その結果がリダンダンシ・マネジャに送られます。リダンダンシ・マネジャは、この出力値を正常かつ使用可能な出力端子の数で割り、この割り算で得た出力電流値を各出力端子から出力します。

各出力チャンネルのリードバック回路では、精密抵抗器(Precision resistor)を使用して、各端子からの出力電流を測定し、出力回路が正常であるかどうか、チェックします。この時故障を検出したならば、故障した出力回路を無効(使用停止)にし、リダンダンシ・マネジャは出力値を残っている出力端子に割り付けます。2つの出力回路において、同時にそれぞれ1箇所ずつ故障が発生した場合、残りの1個の出力回路で全電流を駆動します。図 2-5 に、フォールト・トレラント・アナログ出力のアーキテクチャを示します。3つのカーネルから出力されたアナログ出力信号は、ATM(アナログ・ターミネーション・モジュール)で合流し、ATM の出力端子から出力されます。(これを「合成出力」と言います。)

あるチャンネルの合成出力を測定した値、またはある端子からの出力値と、各出力要求値との差がその出力要求値の 10 %以上であれば、この出力は故障していると考えられ、アラームが発生します。アナログ出力チャンネルの各出力端子からの出力は、他の 2 本の出力端子の配線を取り外した後で、PCI の SERVICE モードでテストしたり、チェックしたりする事ができます。この機能はオプションです。PCI のプログラムの詳細は、このマニュアルの第 3 章をご覧ください。

出力回路がこのような構造になっていますので、3 つある電流駆動回路のどれかひとつが故障した場合、出力電流は、その本来の値の 66.66 %に低下します。故障を検出してから、制御装置が出力電流を正常な駆動回路に振り直して本来の値に回復させるまでに、最大 50 ミリ秒かかります。

電流駆動回路の故障によりその出力回路をシャットダウンした後で、RESET コマンドでアラームをリセットしたならば、出力を 3 個のドライバに均等に振り直す前に、制御装置は、これまで故障していた駆動回路に接続されていた外部負荷を使用して、配線の導通チェックを行います。この導通チェックでは、それまで故障していた駆動回路から微小な電流を外部負荷を通して流し、この時に読み取った値が正しいかどうか、チェックします。導通チェックが終わってから、制御装置が出力電流を正常な駆動回路に振り直して本来の値に回復させるまでに、最大 50 ミリ秒かかります。

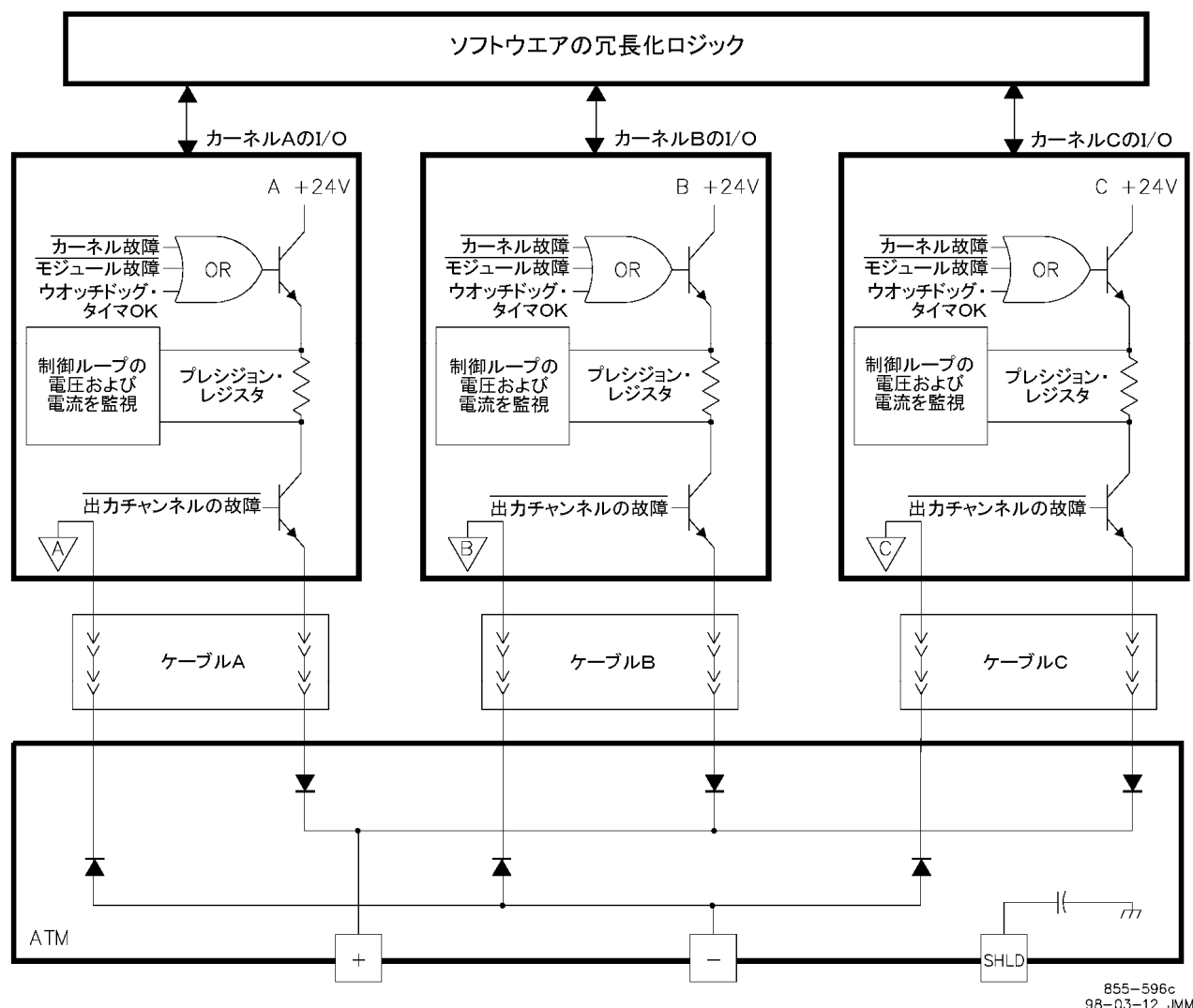


図 2-5. フォールト・トレラント・アナログ出力

アクチュエータ出力

1 個のアクチュエータ出力は、1 度に 2 箇所までであれば、同時に故障が発生しても、正常に動作する事ができます。出力チャンネルの各端子は、単独で 100% の出力電流を駆動する事ができます。（出力レンジが、4-20 mA であっても、20-160 mA であっても）各 CPU は、アクチュエータ出力値を計算した後、この出力値を、他の CPU の出力値と交換、比較し、多数決ロジックを通過した出力値はリダンダンシ・マネージャに送られて、出力されます。リダンダンシ・マネージャは、この出力値を正常に動作している出力回路の数で割り、割った値を、各出力回路に割り付けます。

各端子では、精密抵抗器 (Precision register) を使用して、端子 (leg) からの出力電流が正常であるかどうか監視しています。出力電流に異常を検出したならば、リダンダンシ・マネージャは、この異常を検出した回路を出力不可にして、残っている正常な回路から信号を出力するように、1 回路当たりの出力値を計算し直します。同時に 2 個の出力回路で、別個の故障が発生した場合、残っている 1 個の回路で、全駆動電流を出力します。図 2-6 と 2-7 に、フォールト・トレラント・アクチュエータの出力アーキテクチャを示します。3 個のカーネルからのアクチュエータ駆動電流は、アナログ・ターミネーション・モジュール (ATM) で合流して 1 個の駆動電流になり、ATM の端子から出力されます。

あるアクチュエータ出力の合成出力を測定した値、またはある端子からの出力値と、各出力要求値との差がその出力要求値の 10 % 以上であれば、この出力は故障していると考えられ、アラームが発生します。1 個の出力チャンネルの各出力端子からの出力は、他の 2 本の出力端子の配線を取り外した後で、PCI の SERVICE モードでテストしたり、調整したりする事ができます。この機能はオプションです。PCI のプログラムの詳細は、このマニュアルの第 3 巻をご覧ください。

アクチュエータ出力や HP バルブ出力や LP バルブ出力の構成は、アクチュエータ出力回路の戻り電流の回路に精密抵抗器が付いている事以外、他のアナログ出力チャンネルと同じです。この精密抵抗器は、出力チャンネルをアクチュエータと接続した時に、接地ループやコイルの短絡が発生していないかチェックする為のものです。シングル・コイル・アクチュエータを接続する場合、デュアル・コイル・アクチュエータ用の出力端子を、シングル・コイル・アクチュエータ用の出力端子にジャンパで接続します。リダンダンシ・マネジャは、出力電流が 3 個のカーネルから均等に出力されるように、配分します。故障が発生した場合、リダンダンシ・マネジャは、各カーネルからの電流出力の割合を配分し直します。

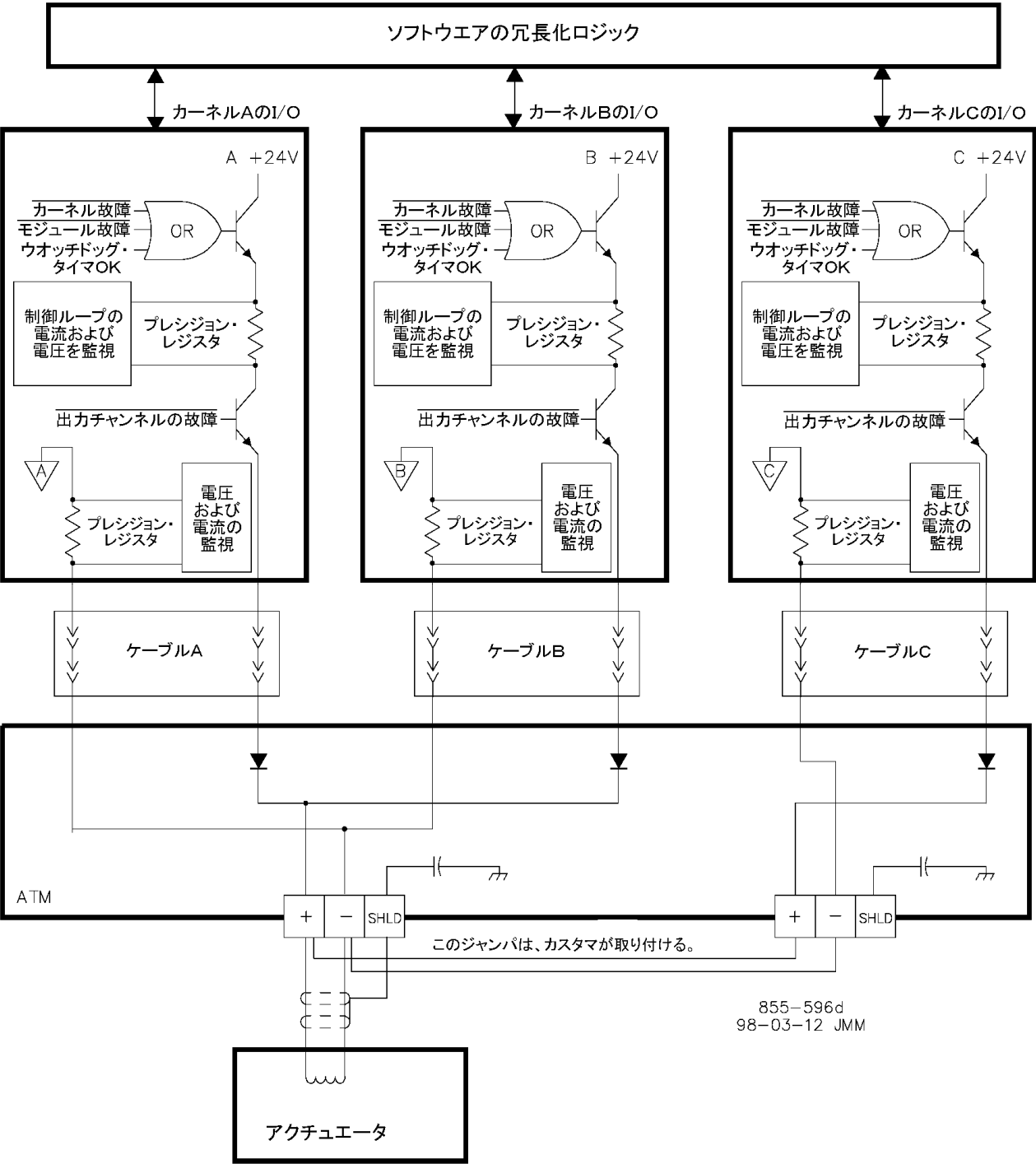


図 2-6. フォールト・トレラント・シングル・コイル・アクチュエータ出力

デュアル・コイル・アクチュエータを接続した場合、リダンダンシ・マネジャは、出力電流の半分をカーネル A と B から均等に出力し、残りの半分をカーネル C から出力するように設定します。故障が発生した場合、リダンダンシ・マネジャは、各カーネルからの出力電流の割合を配分し直します。

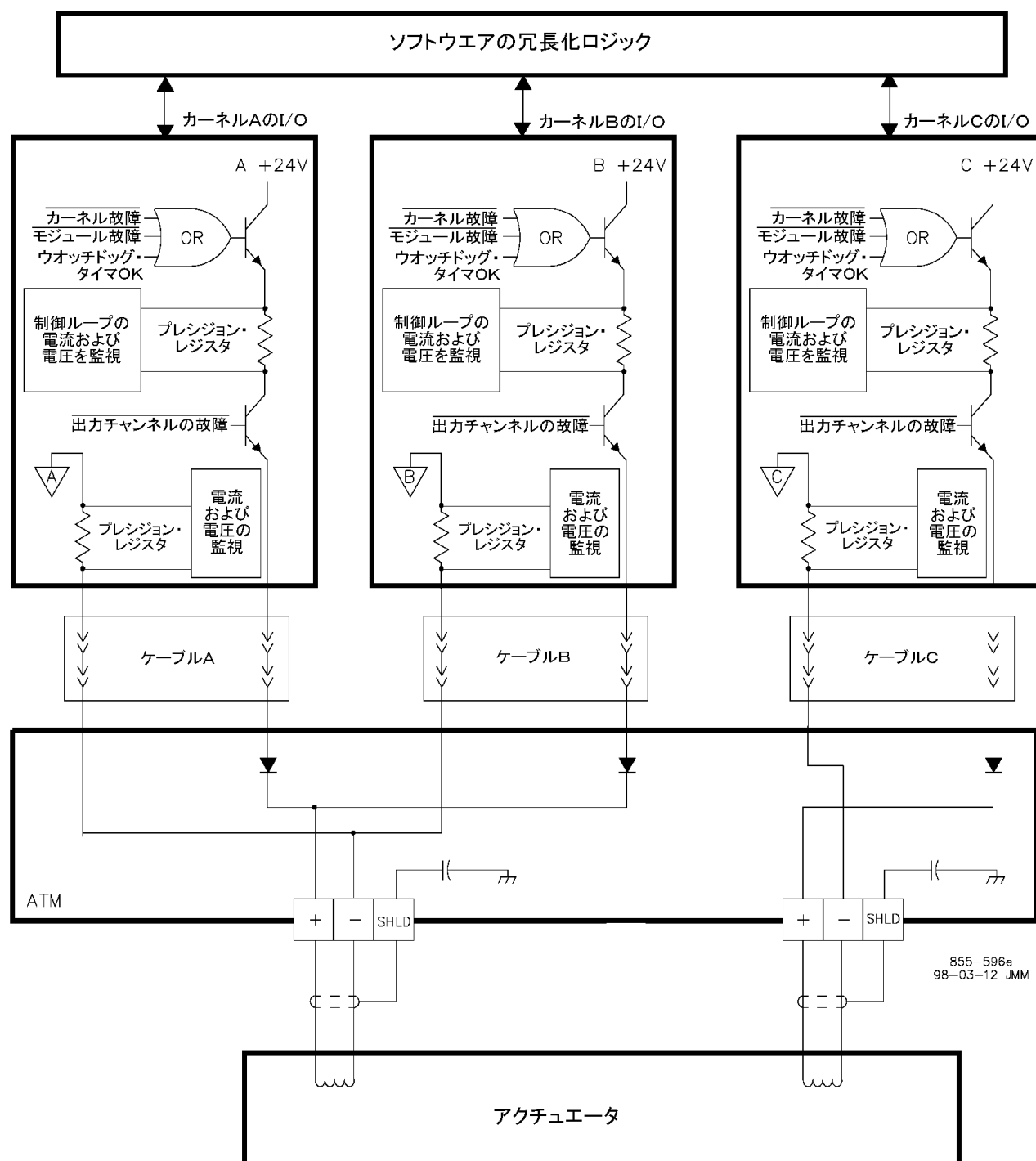


図 2-7. フォールト・トレラント・デュアル・コイル・アクチュエータ出力

出力回路がこのような構造になっていますので、3 つあるアクチュエータ出力回路のどれかひとつが故障した場合、出力電流は、その本来の値の 66.66 % に低下します。(デュアル・コイル・アクチュエータの場合、50 % に低下するかも知れません。)故障を検出してから、制御装置が出力電流を正常な駆動回路に振り直して本来の値に回復させるまでに、最大 50 ミリ秒がかかります。

アクチュエータ駆動回路の故障の原因を取り除いた後で、RESET コマンドでアラームをリセットしたならば、出力を 3 個の駆動回路に振り直す前に、制御装置は、これまで故障していた駆動回路に接続されていた外部負荷を使用して、配線の導通チェックを行います。この導通チェックでは、それまで故障していた駆動回路から外部負荷に微小な電流を流し、この時に読み取った値が正しいかどうか、チェックします。導通チェックが終わってから、制御装置が出力電流を正常な駆動回路に振り直して本来の値に回復させるまでに、最大 50 ミリ秒かかります。

リレー出力

この制御装置では、12 個の FT リレー (フォールト・トレラント・リレー) を使用する事ができます。この制御装置のアーキテクチャでは、1 個の FT リレーは 6 個のリレーで構成されています。FT リレーの出力が「閉」である時には、6 個のリレーの接点は全て閉じています。FT リレーは、直列に接続された 2 個のリレーが 3 列に並ぶ構成になっているので、リレーの 1 個が故障しても、出力が「開」になる事はありません。このような構成になっているので、6 個のリレーの中のどれか 1 個を交換する為に、運転中にそのリレーを引き抜いても、FT リレーの出力の状態は変化しません。

FT リレーの出力が「開」である時には、6 個のリレーの接点は全て開いています。6 個のリレーは上のような配列になっているので、リレーのどれかが故障しても FT リレーの出力が「閉」になる事はありません。リレーの出力は「開」になったままでは必ずずす。

この制御装置のフォールト・トレラント・アーキテクチャでは、1 点のみの故障が発生しても支障なく動作するので、この故障が見逃される事があります。このような故障を、潜在故障 (latent fault) と言います。潜在故障が既に発生している時に、もうひとつ別の故障が発生すると、FT リレーの出力は変化する可能性があり、その結果、原動機のシャットダウンが起きるかも知れません。そこで、フォールト・トレラント・システムの潜在故障の検出を行う事が極めて重要になって来ます。

この制御装置では、潜在故障検出 (Latent Fault Detection) の機能を使用して、最終段のリレー出力に影響を及ぼす事無く、リレー関係の故障を検出する事ができます。この潜在故障検出の機能は、各 FT リレー毎に、使用するか、しないかを設定する事ができます。潜在故障検出のテストは、周期的に自動実行されますが、PCI からコマンドを入力して実行する事もできます。次のテストを行うまでの時間は、1 時間以上 3000 時間以下の範囲で指定する事ができます。

リレーの出力は、リレーを周期的に 1 個ずつ閉じては開く (か、最終段の状態によっては、開いては閉じる) という方法によって行います。これは、リレーの現在の状態が正しい事、また、現在とは反対の状態に切替える事ができるという事を検証する為に行います。制御装置は、ポジション・リードバック回路により、各リレー接点の状態を検出します。故障が発生すると表示され、リレーの最終段の状態や、制御装置の運転に影響を与えないようにする為に、これ以上のテストは行いません。

1 個のフォールト・トレラント・リレーは 6 個のリレーから構成されており、6 個のリレーは、(図 2-8 に示すように) 各カーネルの 2 個ずつのディスクリート出力により駆動されます。リレーは、2 個ずつのリレーが 3 列に接続されています。FT リレーの一方の端子には、リレーで駆動する装置の為に電源を接続し、もう一方の端子には、駆動する装置を接続します。各 FT リレー出力の潜在故障検出の回路を、制御装置に接続された回路と互換にするには、制御システムの FTM (DTM) 上にあるジャンパを正しく装着します。このジャンパは現場で抜き差し可能です。潜在故障検出の機能は、6 個のリレーの実際の接点の状態をモニタしながら、1 度に 1 個ずつ、接点の状態を切替えて、また元に戻します。従って、各リレーが「ノーマリ・オープン」であっても、「ノーマリ・クローズド」であっても、機能をチェックする事ができます。

潜在故障検出 (LFD) の機能は、どのようなシステム構成や回路構成でも使用できるわけではありません。電源電圧が 18-32 Vdc か 100-150 Vdc か 88-132 Vac の装置でなければ、潜在故障検出の機能は動作しません。潜在故障検出の回路が動作するには、リレーが駆動する装置 (負荷) に対して若干のリーク電流を流さなければなりません。駆動する装置の負荷 (内部抵抗) の大きさによっては、リレーの接点が開いている時でも、このリーク電流の為に駆動する装置が ON になったり、駆動する装置が作動する事があります。このような場合、リーク電流を流す事はできませんので、潜在故障検出の機能も、使用する事はできません。ただし、負荷に並列にシャント抵抗を繋いで、リーク電流をシャント抵抗の方に分流させれば、この機能を使用する事ができます。潜在故障検出の機能を使用するには、このマニュアルの第2巻を参照してください。

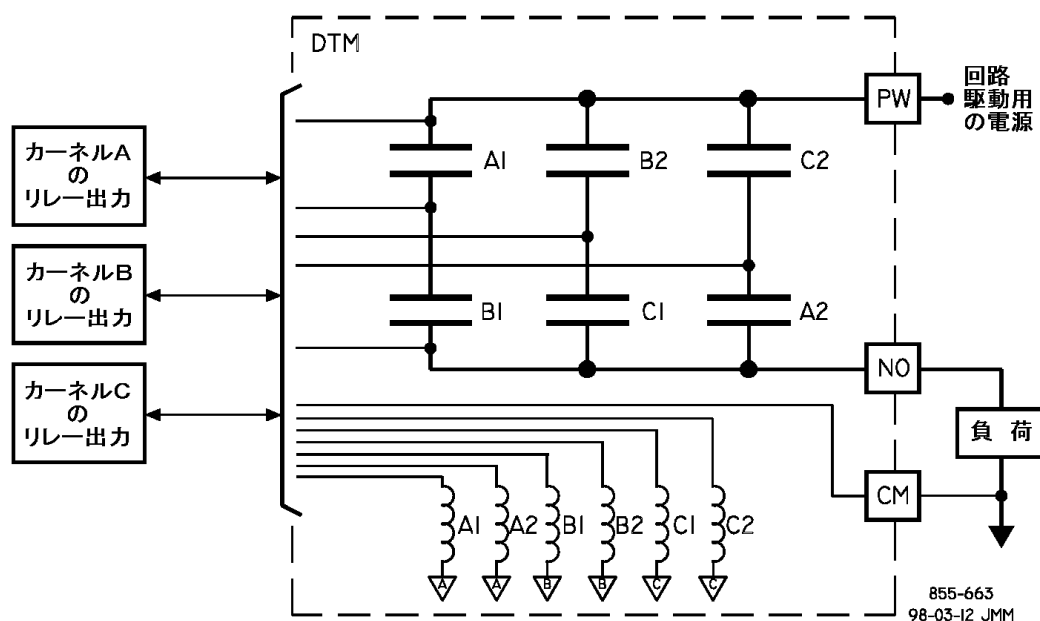


図 2-8. フォールト・トレラント・ディスクリート出力

DDE通信 ポート

カーネル C の CPU モジュールの RS232 ポートは、(DDE: Dynamic Data Exchange でデータ通信を行う為に) この制御装置の PCI プログラムが専用で使用します。通信の冗長度を上げたり、使用可能な通信ポートの数を増やす為に、カーネル A やカーネル B に SIO モジュールを装着する事もできます。(モジュールの追加はオプションです。) SIO モジュールの通信ポートは全て、専用の通信プロトコルや専用の機能の為に使用されます。どの SIO モジュールでも、ポート 4 は、(DDE を実行可能な) PCI 接続専用のリダンダント通信ポートとして動作します。1 台の 5009 制御装置に 2 枚の SIO モジュールが装着されているならば、PCI との通信を行う為に 3 個のポートを使用する事ができます。

また、カーネル B の CPU モジュールの RS232 ポートは、カーネル C の CPU が故障した時には、通常実行する通信機能から PCI 通信に切り換わるように設定する事ができます。カーネル C の CPU モジュールが正常な状態に復旧してリセットされたなら、カーネル B の CPU モジュールは、再び以前の機能 (Modbus 通信やプリンタ制御など) を実行するようになります。

この制御装置が、各通信ポートを通じて受け取ったデータ値やコマンドは、3 個の CPU の間で相互に交換されて、多数決ロジックで不正なデータ値やコマンドを削除してから、アプリケーション・ソフトウェアに渡されます。また、外部に転送されるデータ値や表示メッセージも 3 個の CPU の間で相互に交換されて、多数決ロジックで不正なデータ値や表示メッセージを削除した後で、通信ポートから送信されます。

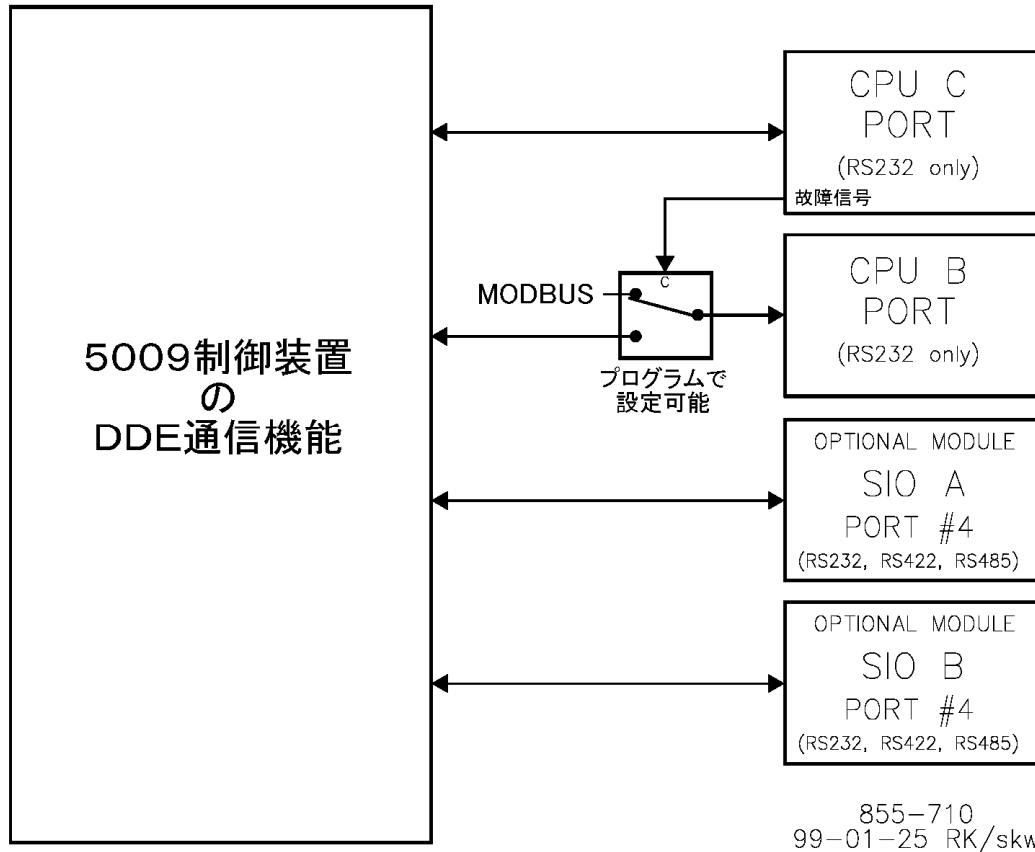


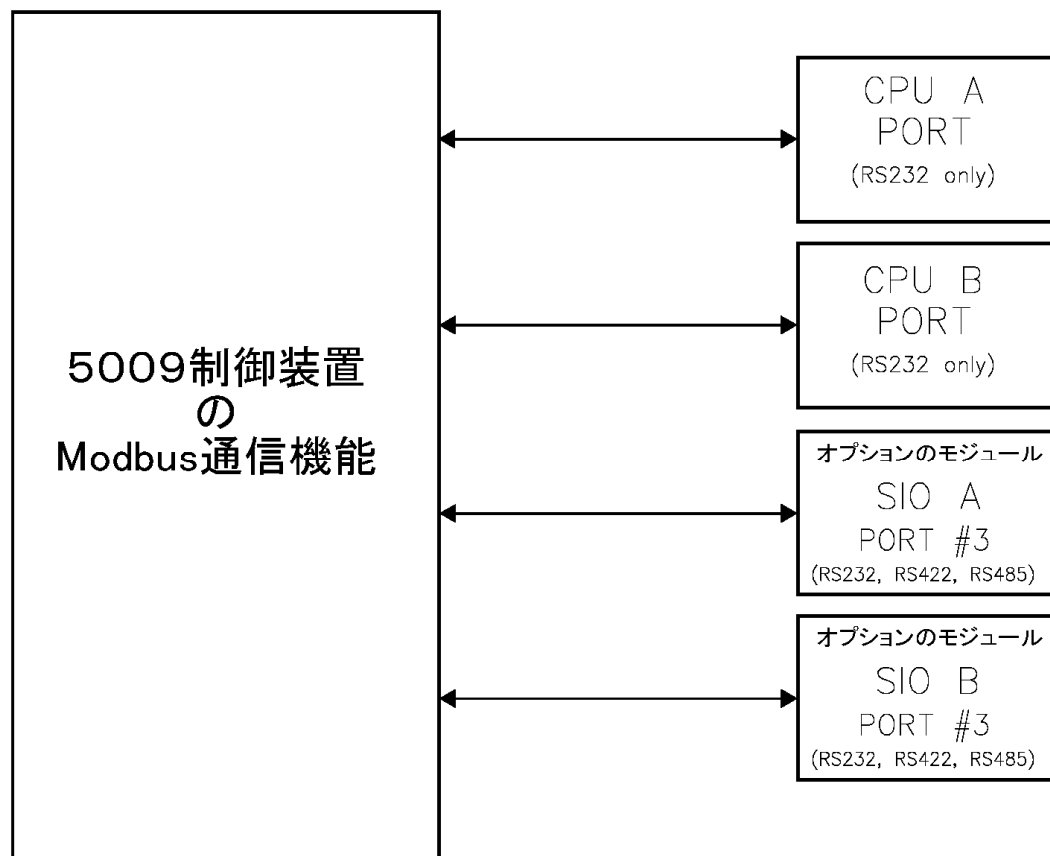
図 2-9. フォールト・トレラント DDE 通信ポート

Modbus 通信ポート

カーネル A とカーネル B の CPU モジュールの RS232 通信ポートは、分散型制御システム(DCS)やリアルタイム通信を行う操作制御盤と Modbus 通信を行うように設定することもできます。

通信の冗長度を上げたり、使用可能な通信ポートの数を増やす為に、カーネル A やカーネル B に SIO モジュールを装着することもできます。(モジュールの追加はオプションです。) SIO モジュールの通信ポートは全て、専用の通信プロトコルや専用の機能の為に使用されます。どの SIO モジュールでも、ポート 3 は Modbus 専用の通信ポートとして動作します。1 台の 5009 制御装置に 2 枚の SIO モジュールが装着されているならば、最大 4 個の通信ポートを Modbus 通信に使用することができます。

この制御装置が、各通信ポートを通じて受け取ったデータ値やコマンドは、3 個の CPU の間で相互に交換されて、多数決ロジックで不正なデータ値やコマンドを削除してから、アプリケーション・ソフトウェアに渡されます。また、外部に転送されるデータ値や表示メッセージも 3 個の CPU の間で相互に交換されて、多数決ロジックで不正なデータ値や表示メッセージを削除した後で、通信ポートから送信されます。



855-707
99-01-25 RK/skw

図 2-10. フォールト・トレラント Modbus 通信ポート

プリンタ通信 ポート

カーネル B の CPU モジュールの RS232 ポートは、アラーム発生時やトリップ発生時の表示画面のハードコピーを取る為のシリアル・ライン・プリンタ用の通信ポートに設定する事ができます。通信の冗長度を上げたり、使用可能な通信ポートの数を増やす為に、カーネル A やカーネル B に SIO モジュールを装着する事もできます。(モジュールの追加はオプションです。) SIO モジュールの通信ポートは全て、専用の通信プロトコルや専用の機能の為に使用されます。どの SIO モジュールでも、ポート 1 はアラーム／トリップ印刷用のプリンタ・ポートとして動作します。1 台の 5009 制御装置に 2 枚の SIO モジュールが装着されているならば、最大 3 個の通信ポートをアラーム／トリップ印刷用プリンタとの通信に使用する事ができます。

外部に転送されるデータ値やメッセージは 3 個の CPU の間で相互に交換されて、多数決ロジックで不正なデータ値やメッセージを削除した後で、通信ポートから送信されます。

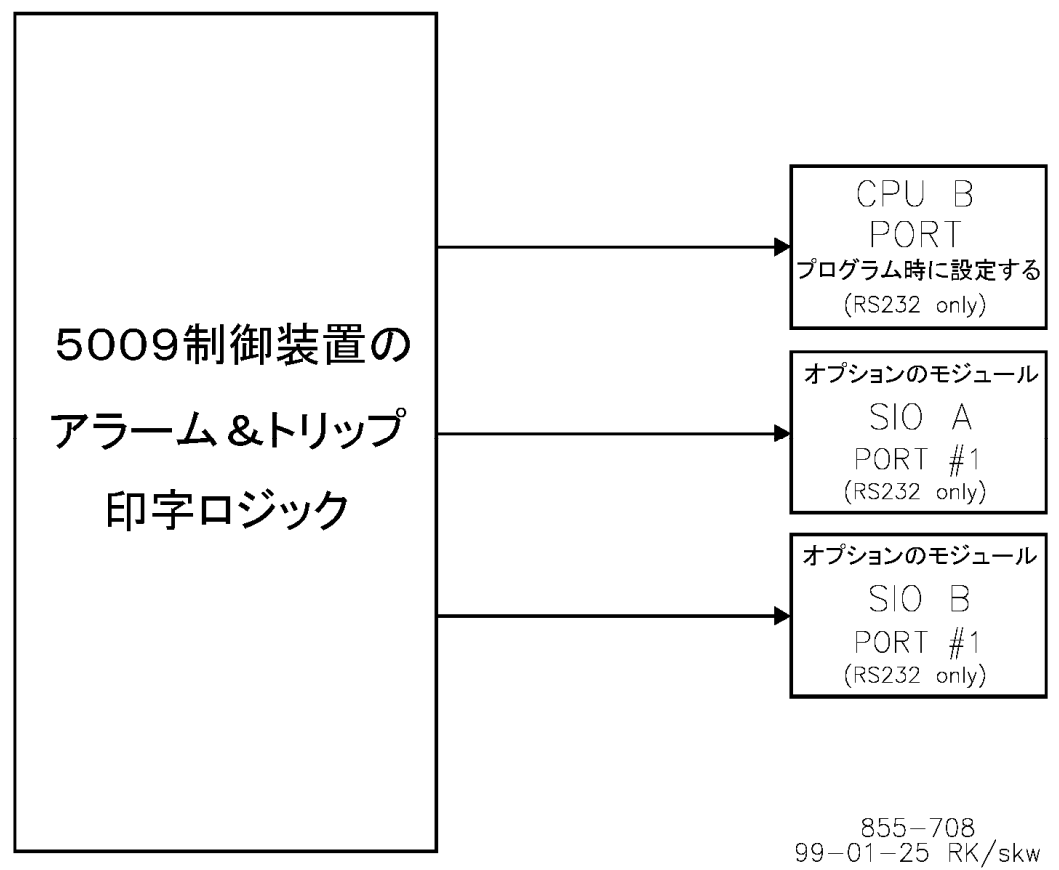


図 2-11. フォールト・トレラント Modbus 通信ポート

インタフェース／
通信ロジック

内部制御ロジックであるローカル／リモート切替え機能を使用すると、本来、Modbus 通信によるコマンドと接点入力によるコマンドを両方同時に使用する事ができるにも拘わらず、一時的に、どちらか一方しか使用できないように設定する事ができます。この制御ロジックを使用すると、あるインタフェース・パネルで、別のインタフェース・パネルからの指令信号を 5009 が受付けないように設定する事ができます。安全上の見地から、PCI ポートの機能は、この制御ロジックにより無効にされる事はありません。

ローカル・モードを選択すると、前以て、このモードで「使用不可」になるように設定されている通信ポートは、全て無効になります。リモート・モードを選択すると、全ての通信ポートが「使用可能」になります。Modbus ポート1や Modbus ポート 2 や接点入力に付いては、その指令信号をローカル・モードで受け付けるかどうか、(ユーザが)個別に設定する事ができます。この制御装置が、全ての指令信号を常時受け付けるように設定する事もできます。図 2-12 に、この制御装置のローカル/リモート切替えロジックを図示していますので、参照してください。

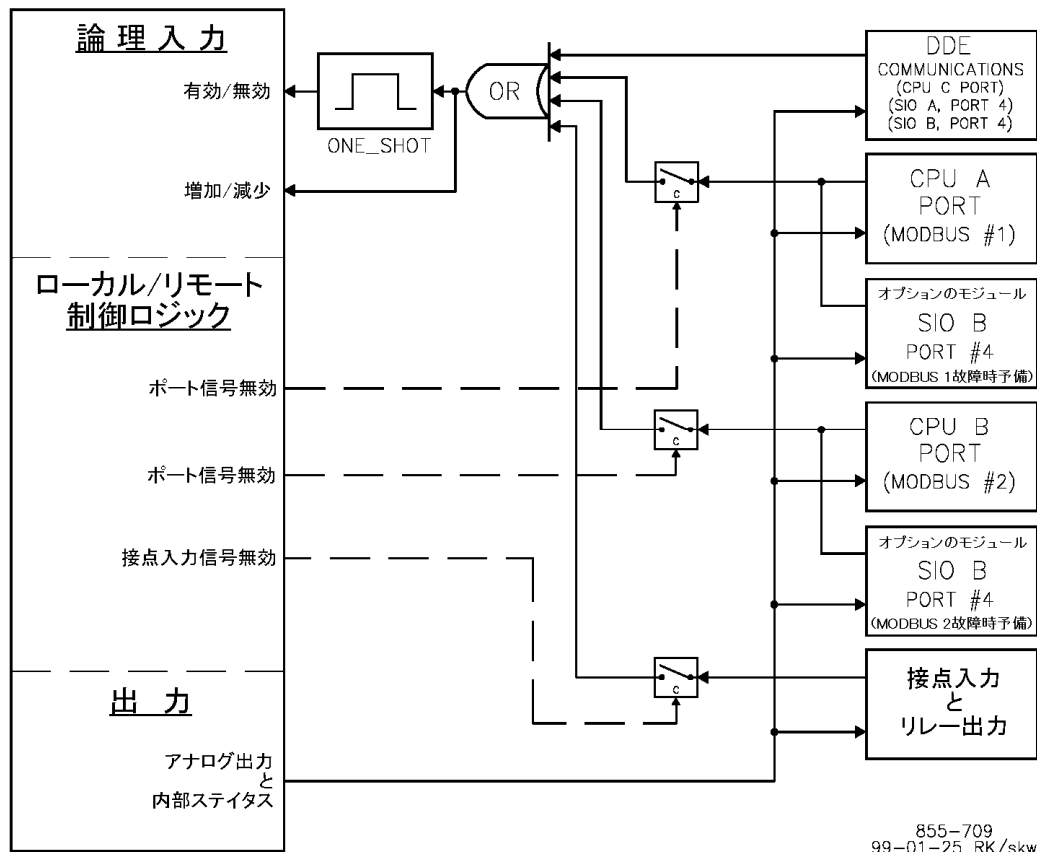


図 2-12. ローカル/リモート選択ロジック

5009制御システムの入出力

速度センサ入力

使用可能な速度センサ入力数:4

全部で速度センサ入力は 4 本ありますが、運転の為に必須の入力は 1 本のみであり、他の 3 本の入力は、入力回路を冗長化する為のオプションの入力チャンネルです。どの速度センサ入力にでも、受動型の速度センサ (MPU) か、能動型の速度センサ (近接スイッチ) の、どちらかを接続する事ができます。配線方法と接続するセンサの仕様に付いては、このマニュアルの第2巻を参照してください。

アナログ入力

使用可能なアナログ入力数:8

どのアナログ入力に対してでも、この制御装置で実行可能なアナログ入力機能のどれかを行うように、設定する事ができます。この制御装置では、4-20 mA 信号しか受け付ける事ができません。しかし、4-20 mA の電流信号を出力する装置であれば、セルフ・パワード・タイプのトランスデューサでもループ・パワード・タイプのトランスデューサでも接続する事ができます。両方共、ATM の入力端子に接続します。アナログ入力機能の種類とその詳細に付いては、このマニュアルの第3巻を参照してください。

タイム・スタンプ機能: アナログ入力では、設定値を 4 個指定して、(入力値が)この設定値に到達した時の時刻を、5 ミリ秒の分解能で記録する事ができます。4 個の設定値の内 2 個は、アナログ入力の上側故障レベルと下側故障レベルであり、残りの 2 個は、上側アラーム・レベルと下側アラーム・レベルです。この 4 個の設定値は、最初に制御装置の設定を行う時にはデフォルト値のままにしておきますが、後で、いつでも変更する事ができます。

ディスクリート入力

使用可能なディスクリート入力数:24

ディスクリート入力は全部で 24 本ありますが、4 本は前以て用途が決まっており、残りの 20 本が用途指定可能な入力です。用途が決まっているのは、非常停止、アラーム・リセット、速度設定増、速度設定減の 4 本の入力です。この制御装置を発電機制御システムに使用する場合、上の 4 本の他に、発電機側遮断器(補助)接点入力と母線側遮断器(補助)接点入力を設定しなければなりません。1 個の入力機能に対して割り付ける事ができるディスクリート入力は、1 本だけです。複数のディスクリート入力を割り付けると、プログラム時にアラームになります。使用する事ができるディスクリート入力機能の一覧表が、このマニュアルの第 3 巻に記載されていますので、参照してください。

タイム・スタンプ機能: 外部非常停止入力の全て、外部アラーム入力の全て、および発電機側遮断器接点入力と母線側遮断器接点入力において、信号が変化した時の時刻を、1 ミリ秒の分解能で記録する事ができます。タイプ・スタンプ機能は、制御システムのトラブル・シューティングの為に使用すべきものであるため、複数のディスクリート入力を外部トリップまたは外部アラームとして動作するように設定した場合、最初に発生したトリップまたはアラームの時刻しか記録しません。2 番目以降に発生したトリップやアラームの発生時刻は記録しません。

アナログ表示出力

使用可能なアナログ表示出力数:4

どのアナログ表示出力に対してでも、この制御装置で選択可能なアナログ出力機能のひとつを、設定する事ができます。アナログ表示出力は全て、4-20 mA の電流出力のみです。このアナログ表示出力を設定するに当たっての制限は、特にありません。例えば、もし必要であれば、4 個の出力全てを速度表示に設定しても構いません。このアナログ表示出力の変動レートは、アクチュエータ信号の変動レートより遅いので、この信号でアクチュエータを駆動する事はできません。アナログ表示出力機能の種類とその詳細に付いては、このマニュアルの第3巻を参照してください。

アクチュエータ出力

使用可能なアクチュエータ出力数:2

1 個のアクチュエータ出力は、出力レンジを 4-20 mA または 20-160 mA のいずれかに設定する事ができ、シングル・コイル・アクチュエータにでもデュアル・コイル・アクチュエータにでも接続する事ができます。シングル・コイル・アクチュエータに接続する場合、3 個のカーネルからのアクチュエータ出力は全て 1 本のアクチュエータ・コイルに接続されて、各カーネルからは均等な駆動電流が出力されます。デュアル・コイル・アクチュエータに接続する場合、やはり、各カーネルで出力電流を分担しますが、カーネル A からの出力とカーネル B からの出力は ATM で合流してコイル #1 に送られ、カーネル C からの出力はコイル #2 に送られます。

抽気タービンや混気タービンでは、アクチュエータ・ドライバ#1はHPバルブ制御用アクチュエータに接続され、アクチュエータ・ドライバ#2はLPバルブ制御用アクチュエータに接続されます。抽気タービンや混気タービン以外のタービンでは、アクチュエータ・ドライバ#2は、(オフセット付きの)2番目のアクチュエータに接続される事もありますし、単にパラメータの外部への表示の為に使用される事もあります。

リレー出力

使用可能なリレー出力数: 12

12本のリレー出力の内、2本は前以て用途が指定されていますが、10本は用途を設定・変更可能(プログラマブル)です。この2本は、非常停止通知とアラーム発生通知です。プログラム時のリレー出力の設定に、特に制限はありません。例えば、必要であれば、プログラマブルなリレーを全て、「速度PID制御中表示リレー」に設定しても構いません。

通信ポート

使用可能な通信ポート: 1個のシステムで使用可能な通信ポートの最少構成はRS232ポート3個ですが、(1枚に付き4個の通信ポートを搭載した)SIOモジュールを2個追加する事により、最大11個の通信ポートを使用する事ができます。

カーネルAのCPUモジュールのRS232ポートは、分散型制御システム(DCS)や他のシリアル通信を行う操作制御盤とのModbus通信専用に使います。

カーネルBのCPUモジュールのRS232ポートは、カーネルAの通信ポートと同じようなModbus通信ポートに設定する事もできますし、アラームやトリップが発生した時に画面をハードコピーするシリアル・ライン・プリンタとの通信を行うように設定する事もできます。その他に、カーネルCのCPU故障時の、PCI通信ポートのバックアップ用通信ポートとして動作するように設定する事もできます。

カーネルCのCPUモジュールのRS232ポートは、この制御装置がPCI(Personal Computer Interface)プログラムとデータのやり取りを行う時に、専用に使います。PCIプログラムは、各タービン発電ユニットの工業用ワークステーションとして機側で使われるコンピュータにロードされます。PCIプログラムは、この制御装置のPROGRAMモードの設定を行ったり、装置運転中に設定内容の変更やハードウェア・テストを行ったり、パーソナル・コンピュータで、この制御装置を運転する為に使います。

この制御装置のCPUモジュールの通信ポートは、RS232しか使用する事ができません。RS232で通信できる距離は15 m (50 feet)以内です。通信をする相手方の装置が5009制御装置から15 m以内の距離に設置されていない場合は、RS232-to-RS422 コンバータか、RS232-to-RS485 コンバータか、弊社のSIOモジュールを使用してください。

Telebyte Technology Inc (本社ニューヨーク州グリーンローン)のModel 285 Superverter、または、これと同じようなコンバータを使用すると、RS232通信ポートから15 m以上の距離にある装置と通信する事ができます。RS422やRS485による通信では、多点接続(multidropping: 1本の通信ラインに複数のスレーブとして動作する装置を接続可)を使用する事ができます。RS232では、多点接続を行う事ができません。

1 個の SIO モジュールには 4 個の通信ポートがあり、各ポートには、次のような機能が割り当てられています。ポート 1=アラーム／トリップの印刷：ポート 2=ServPanel との通信：ポート 3=Modbus 通信：ポート 4=DDE 通信：Modbus 通信用ポートと DDE 通信用ポートは、RS232 でも RS422 でも RS485 通信でも行う事ができます。RS422 や RS485 を使用すれば、この制御装置から 150 m (4000 feet) 以内にある装置と通信を行う事ができます。CPU モジュールの通信ポートを使用しない場合、この制御装置には、1 個または 2 個の SIO モジュールを組み込む事ができます。

PCI プログラム

5009 制御システムは、現場で機能の選択や設定値の調整が可能な蒸気タービン制御装置であり、DDE (Dynamic Data Exchange) を実行可能なウインドウ・ベースの PCI (Personal Computer Interface) プログラムで装置の設定や操作や保守点検を行う事ができます。この制御装置には、ふたつのアプリケーション・プログラム (Servlink と PCI) が添付されて納品されます。

Servlink プログラムは、この制御装置と直接通信を行うためのソフトウェアです。DDE の機能を使用する事ができるプログラムであれば、Servlink を一緒に走らせる事により、この制御装置の内部データの読み書きを行う事ができます。Excel や Access や Word などの Microsoft 社製のソフトウェアは、ほとんど皆、他のプログラムと通信する時に DDE プロトコルを使用します。これらのソフトウェアは、Servlink プログラムと組み合わせて使用する事により、制御装置内部のデータを読み書きしたり、記録したりする事ができます。DDE インタフェース・プログラムを使用すると、制御状態の監視やトレンド・データの記録や報告書を作成する為に、弊社以外の会社が製作したソフトウェアを使用して、制御装置内部のデータを読み書きする事ができます。Servlink プログラムによる制御装置との通信方法の詳細に関しては、このマニュアルの第 3 巻をお読みください。

Microsoft 社の上記のソフトウェアは、Servlink プログラムを使用して DDE 機能により 5009 制御装置と情報のやり取りを行うユーザ・インタフェース・プログラムですが、PCI プログラムも同じようなソフトウェアです。このインタフェース・プログラムには、(PROGRAM、SERVICE、RUN の) 3つのアクセス・レベルがあります。この3つのアクセス・レベルに入るには、それぞれ違ったパスワードを入力しなければなりません。この3つのアクセス・レベルは、(パスワードを通知する事により) その権限を与えられたオペレータだけが、入る事を許可されたインタフェース・モードの中で内部のプログラムやデータの変更を行えるようにする為のものです。

運転状態の監視は、3つのアクセス・レベルのどれでも、常時可能です。しかし、内部のデータの変更は、PROGRAM モードか SERVICE モードで正しいデータを入力しなければ、行う事ができません。このプログラムの「始動モード (START モード)」は、パスワードで保護されていません。PCI プログラムとその機能の詳細に付いては、このマニュアルの第 3 巻を参照してください。

PROGRAM モードは、最初に、制御システム全体の構成に合うように、この制御装置の機能や入出力を選択・設定する時に使用します。SERVICE モードは、タービン運転中に全ての運転レベルで、制御装置の設定内容の変更や、制御回路のテストや、入出力回路の調整などを行う為に使用します。

RUN モードは、タービンを始動したり、停止したり、他の操作モードを有効にしたり、無効にしたりする為に使用します。

5009 PC Interface - [Program Mode - Application]

File Mode Options Windows

Save To Control Save To File Load From File

Application Start Settings Speed Control Extraction Control Extraction Steam Map Driver Config Analog Inputs Contact Inputs Aux Control Ca

Site WSite

Turbine WTurbine

ID Tag WIDTag

Turbine Type Extraction Only

Application Generator

Ratio/Limiter Mode Coupled HP & LP

Use Auxiliary PID Controller

Use Cascade PID Controller

Operating System Version: Version 2.07-2

Application Filename and Date: new5009 Thu Dec 18 13:53:11 1997

Configuration Name: Dflt

Control is shutdown. Control Status: Program Mode

図 2-13. メイン・スクリーン

メモ

第3章 制御機能の概要

制御の概要

この制御装置は、シングル・バルブ、スプリット・レンジ・バルブ、1段抽気タービン、1段混気タービン、1段抽気／混気タービンの制御を行う装置です。以下の説明とブロック図は、ご使用になるタービンや制御システムに、この制御装置を組み込む時に、この制御装置をどのように原動機制御システムと接続して、プログラムすればよいかという事を考える時の、参考にしてください。

シングル・バルブ・タービンとスプリット・レンジ・バルブ・タービン

この制御装置は、1個または2個のタービン制御バルブ（またはバルブ・ラック）で単一蒸気室、または分割蒸気室に蒸気を供給するようなタービン制御システムに組み込む事ができます。このような制御システムに組み込んだ場合、5009 制御装置は、1時に1個のパラメータを制御し、必要であれば、別のパラメータを（ある一定の範囲内に）制限するような仕方で、タービン制御バルブを操作します。

このようなタイプのタービンでは、制御される1個のパラメータと言うのは、通常、タービン速度（または負荷）ですが、タービンの前圧や入口流量、背圧や出口流量、ファースト・ステージ圧、発電機出力、プラントのインポート／エクスポート電力レベル、コンプレッサの吸込み圧／流量または吐出し圧／流量、発電ユニット／プラントの周波数、プロセスの温度、その他のタービンの運転に関連するパラメータを制御する為にこの制御装置を使用する事もできます。制御機能の選択・設定や各 PID 間の関係に付いては、以下のブロック図を参照してください。

この制御装置でスプリット・レンジ・タイプのタービンを制御する場合、アクチュエータ出力1があるオフセット値に到達した後で、アクチュエータ2が開き始めるように設定する事ができます。例えば、このオフセット値が50%であれば、バルブ1の開度が50%になった時に、バルブ2が開き始めます。5009 制御装置は、バルブ1とバルブ2の開度の差を50%に保ったまま、両方共100%になるまで開きます。

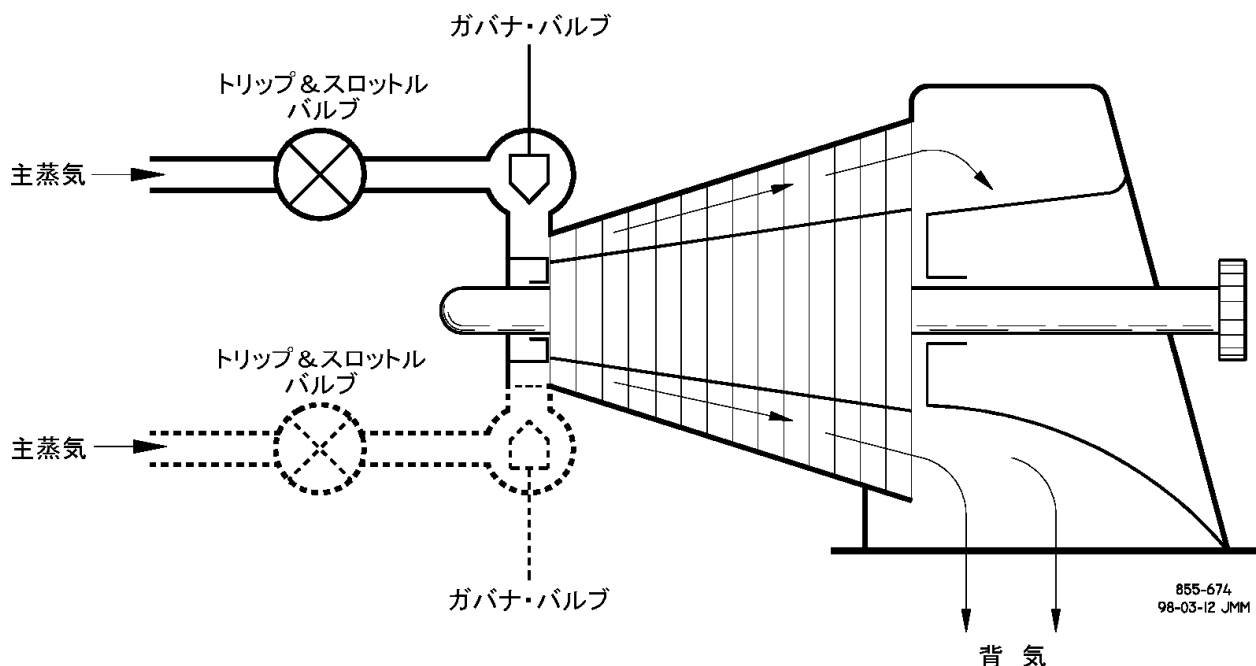


図 3-1. 普通の抽気または混気蒸気タービンの構造

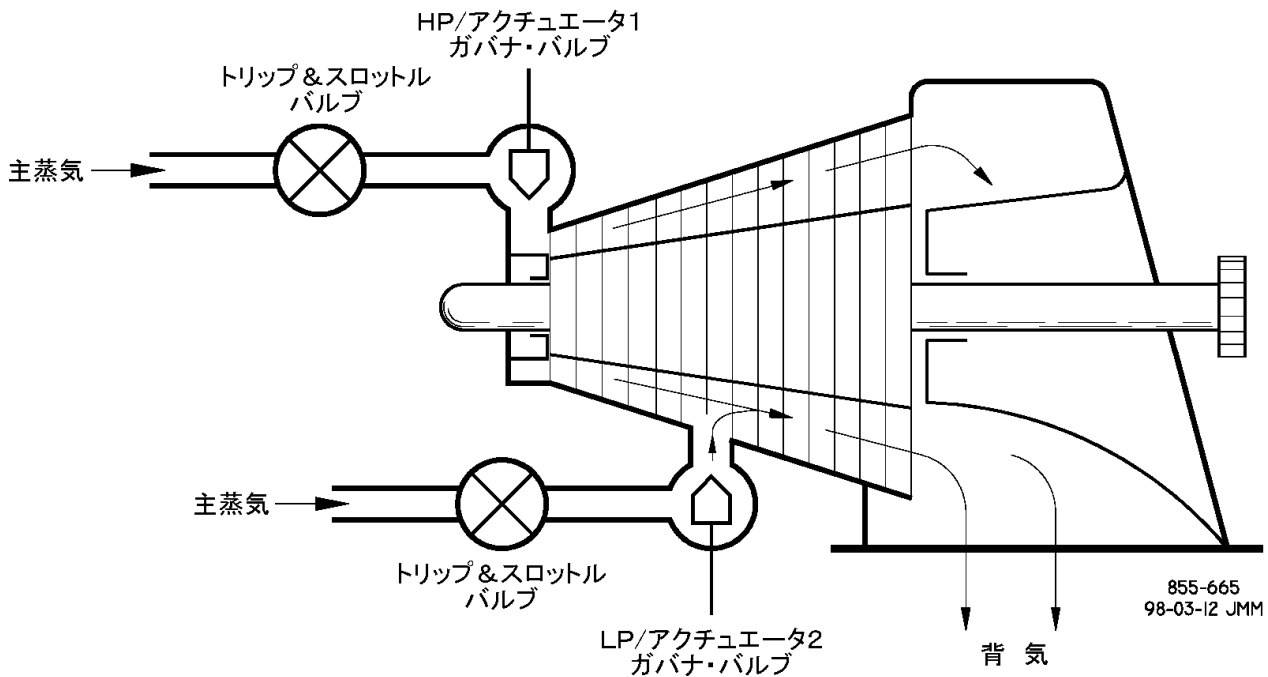


図 3-2. スプリット・レンジ・タービンまたは混気タービンの構造
(制御されるパラメータによる)

抽気タービン

5009 制御装置で 1 段抽気タービンを制御するように設定した場合、この制御装置は、タービンに関連する 2 個のパラメータを、一方のパラメータがもう一方のパラメータにできるだけ干渉しないようにしながら、同時に制御する為に、タービンのガバナ・バルブ (HP バルブ) と抽気バルブ (LP バルブ) の間の相互作用を調整します。

1 段抽気タービンには、高圧ステージと低圧ステージがあり、それぞれ 1 個のバルブで制御されます。蒸気は HP バルブからタービンに入ります。(図 3-3 を参照の事) 抽気は、高圧ステージの蒸気流路の下流端の LP バルブの前で、行います。LP バルブは、低圧ステージに流入する蒸気のと、抽気ラインに放出する蒸気のとを調節します。LP バルブの開度が大きくなると、低圧ステージに流入する蒸気のとは多くなり、抽気される蒸気のとは少なくなります。

この制御装置で抽気タイプのタービンを制御するように設定した場合、この制御装置は、レシオ/リミッタ・ロジックにより HP バルブと LP バルブの相互干渉を制御します。タービンの構造により、(HP バルブか LP バルブの) どちらかのバルブの位置を動かすと、制御しているふたつのパラメータが両方共影響されます。このバルブ間(ひいては制御されるパラメータ間)の相互干渉は、変動してはならない工業プロセスに、不要なフラツキを生じさせる事になります。

レシオ・ロジックは、タービンの速度/負荷(または補助 PID やカスケード PID で制御する工業プロセス)と抽気圧/抽気流量のレベルを適当な値に保持する為に、HP バルブと LP バルブ両方の相互干渉を制御します。1 段抽気タービンには制御バルブが 2 個しかないので、同時に 2 個のパラメータしか制御できません。バルブの相互干渉を制御する事によって、レシオ・ロジックは、一方のプロセスのもう一方のプロセスに及ぼす影響を最小限にします

制御システムの特定の運転条件により、タービンの運転状態が(例えば LP 最小値などの)限界領域に到達した場合、制御できるパラメータは 1 個だけになります。この時制御装置のリミッタ・ロジックは、第 2 のパラメータを操作する事により、優先順位の高い方のパラメータが指定した境界領域の内側に留まるように制御します。

両方のバルブの相互干渉は、設定されたタービンの性能パラメータに基づいて、5009 制御装置のレシオ・ロジックにより自動的に計算されます。制御されるプロセス・パラメータの種類によっては、HP & LP バルブ・デカップリング・モードを使用する事ができます。制御機能の選択・設定や各 PID 間の関係に付いては、この章の後ろの方のブロック図を参照してください。レシオ／リミッタ機能の詳細に付いては、このマニュアルの「レシオ／リミッタ」の項目を参照してください。

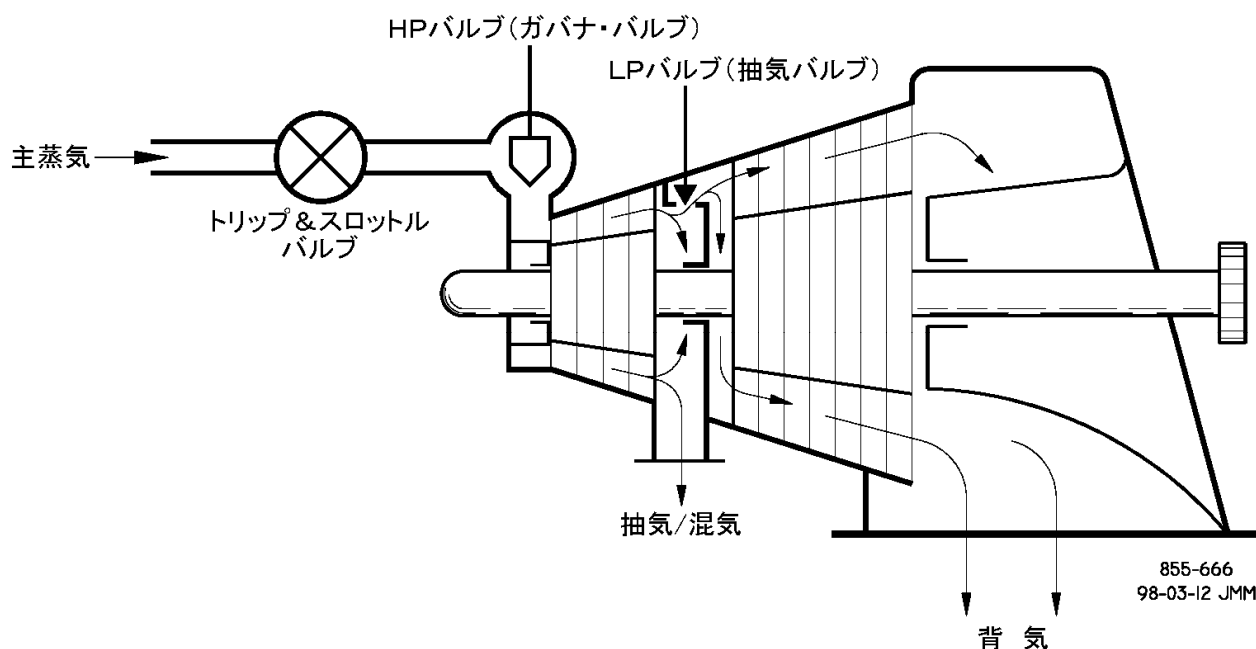


図 3-3. 抽気／混気蒸気タービン

混気タービン

5009 制御装置で 1 段混気タービンを制御するように設定した場合、この制御装置は、タービンに関連する 2 個のパラメータを、一方のパラメータがもう一方のパラメータにできるだけ干渉しないようにしながら、同時に制御する為に、タービンのガバナ・バルブ (HP バルブ) と混気バルブ (LP バルブ) の間の相互作用を調整します。

1 段混気タービンには、高圧ステージと低圧ステージがあり、それぞれ 1 個のバルブで制御されます。蒸気は HP バルブからタービンに入ります。(図 3-3 を参照の事) また、高圧ステージの蒸気流路の下流端の LP バルブでも、タービンに入ります。LP バルブは、低圧ステージに流入する蒸気のと、混気ラインをそのまま通過する蒸気のと量を調節します。LP バルブの開度が大きくなると、低圧ステージに流入する蒸気のと量は多くなります。

この制御装置で混気タイプのタービンを制御するように設定した場合、この制御装置は、レシオ／リミッタ・ロジックにより HP バルブと LP バルブの相互干渉を制御します。タービンの構造により、(HP バルブか LP バルブの) どちらかのバルブの位置を動かすと、制御しているふたつのパラメータが両方共影響されます。このバルブ間(ひいては制御されるパラメータ間)の相互干渉は、変動してはならない工業プロセスに、不要なフラツキを生じさせる事になります。

レシオ・ロジックは、タービンの速度／負荷(または補助 PID やカスケード PID で制御する工業プロセス)と混気圧／混気流量のレベルを適当な値に保持する為に、HP バルブと LP バルブ両方の相互干渉を制御します。1 段混気タービンには制御バルブが 2 個しかないので、同時に 2 個のパラメータしか制御できません。バルブの相互干渉を制御する事によって、レシオ・ロジックは、一方のプロセスのもう一方のプロセスに及ぼす影響を最小限にします

制御システムの特定の運転条件により、タービンの運転状態が(例えば LP 最小値などの)限界領域に到達した場合、制御できるパラメータは 1 個だけになります。この時制御装置のリミッタ・ロジックは、第 2 のパラメータを操作する事により、優先順位の高い方のパラメータが指定した境界領域の内側に留まるように制御します。

両方のバルブの相互干渉は、設定されたタービンの性能パラメータに基づいて、5009 制御装置のレシオ・ロジックにより自動的に計算されます。制御されるプロセス・パラメータの種類によっては、HP & LP バルブ・デカップリング・モードを使用する事ができます。制御機能の選択・設定や各 PID 間の関係に付いては、この章の後ろの方のブロック図を参照してください。レシオ／リミッタ機能の詳細に付いては、このマニュアルの「レシオ／リミッタ」の項目を参照してください。

抽気／混気タービン

5009 制御装置で抽気／混気タービンを制御するように設定した場合、この制御装置は、タービンに関連する 2 個のパラメータを、一方のパラメータがもう一方のパラメータにできるだけ干渉しないようにしながら、同時に制御する為に、タービンのガバナ・バルブ (HP バルブ) と抽気／混気バルブ (LP バルブ) の間の相互作用を調整します。

自動 1 段抽気／混気タービンには、高圧ステージと低圧ステージがあり、それぞれ 1 個のバルブで制御されます。蒸気は HP バルブからタービンに入ります。(図 3-3 を参照の事) また、高圧ステージの蒸気流路の下流端の LP バルブで、抽気されたり、低圧ステージに混気されたりします。LP バルブは、低圧ステージに流入する蒸気の量を調節します。LP バルブの開度が大きくなると、低圧ステージに流入する蒸気量は多くなり、抽気される蒸気量は少なくなります。

この制御装置で抽気／混気タイプのタービンを制御するように設定した場合、この制御装置は、レシオ／リミッタ・ロジックにより HP バルブと LP バルブの相互干渉を制御します。タービンの構造により、(HP バルブか LP バルブの) どちらかのバルブの位置を動かすと、制御しているふたつのパラメータが両方共影響されます。このバルブ間(ひいては制御されるパラメータ間)の相互干渉は、変動してはならない工業プロセスに、不要なフラツキを生じさせる事になります。

レシオ・ロジックは、タービンの速度／負荷(または補助 PID やカスケード PID で制御する工業プロセス)と抽気／混気圧または抽気／混気流量のレベルを適当な値に保持する為に、HP バルブと LP バルブ両方の相互干渉を制御します。1 段抽気／混気タービンには制御バルブが 2 個しかないので、同時に 2 個のパラメータしか制御できません。バルブの相互干渉を制御する事によって、レシオ・ロジックは、一方のプロセスのもう一方のプロセスに及ぼす影響を最小限にします

制御システムの特定の運転条件により、タービンの運転状態が(例えば LP 最小値などの)限界領域に到達した場合、制御できるパラメータは 1 個だけになります。この時制御装置のリミッタ・ロジックは、第 2 のパラメータを操作する事により、優先順位の高い方のパラメータが指定した境界領域の内側に留まるように制御します。

両方のバルブの相互干渉は、設定されたタービンの性能パラメータに基づいて、5009 制御装置のレシオ・ロジックにより自動的に計算されます。制御されるプロセス・パラメータの種類によっては、HP & LP バルブ・デカップリング・モードを使用する事ができます。制御機能の選択・設定や各 PID 間の関係に付いては、以下のブロック図を参照してください。レシオ／リミッタ機能の詳細に付いては、このマニュアルの「レシオ／リミッタ」の項目を参照してください。

ブロック図

図 3-5ないし図 3-11 に、5009 制御システムで全機能を装備した場合の機能の概要を示します。以下のブロック図を参考にして、お客様のタービン制御システムに 5009 制御装置を組み込む場合、どのような機能を使用する事ができるか、どのような接続にすべきであるかを検討してください。図 3-4 では、ブロック図で使用する記号とその意味を説明しています。カスケード PID と補助 PID はオプションの PID であり、他の PID との関連を示す為に以下のブロック図に記載されています。レシオ／リミッタ・ブロックの機能に関する更に詳しい説明に付いては、このマニュアルの「レシオ／リミッタ」の項を参照してください。

信号の流れ:

— — — — ディスクリット信号
————— アナログ信号

信号は全て、左から右に流れる。入力信号は全て左から入り、出力信号は全て右に出る。例外は、別に記載される。

現場の装置に対する入出力:

信号の入力装置は必ず図面の左側に書き、信号を出力する装置は図面の右側に書く。

接点入力:

|| ノーマリ・オープン（NO）の接点を表す。
|| ノーマリ・クローズド（NC）の接点を表す。

⬡ DC 信号の接続先が他のページにある事を示す。

FD (アクチュエータなどの)最終段の出力を表す。

ファンクション・ブロックで使用する記号:

普通のカスケード・ファンクション・ブロックは、長方形で表される。長方形の内側に、実行する機能の名前が書かれている。

例:



LSS
LSSでは、入力された信号の中で最も低い信号が出力される。

HSS
HSSでは、入力された信号の中で最も高い信号が出力される。

△ SPEED
比例・積分・微分の動作を行うコントローラは三角形で表される。

ANALOG SWITCH (C)
アナログ・スイッチ。(C)への入力に変化した時に信号が切り換わる。図は全て、(C)入力がFALSEの状態に記載されている。

855-667
98-03-12 JMM

図 3-4. 5009 制御システムで使用する記号について

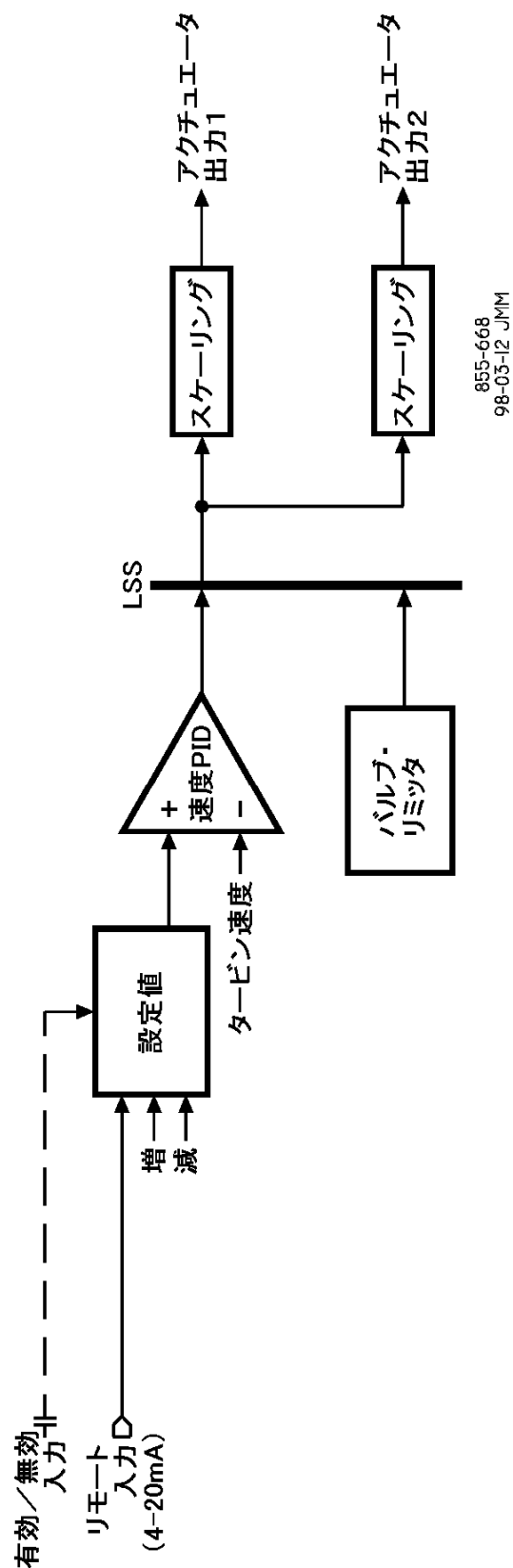


図 3-5. シングル・タービンやスプリット・レンジ・タービンの構成(速度 PID とリモート速度設定)

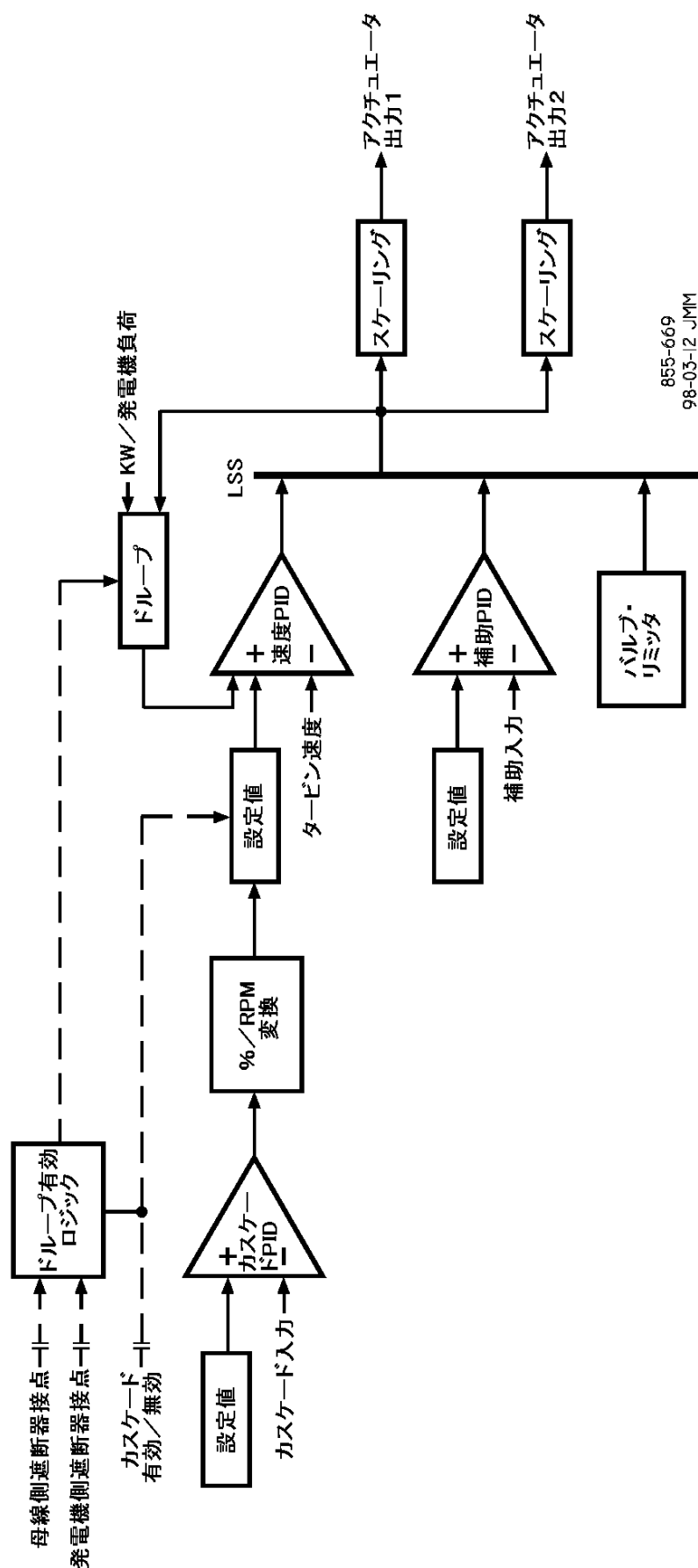
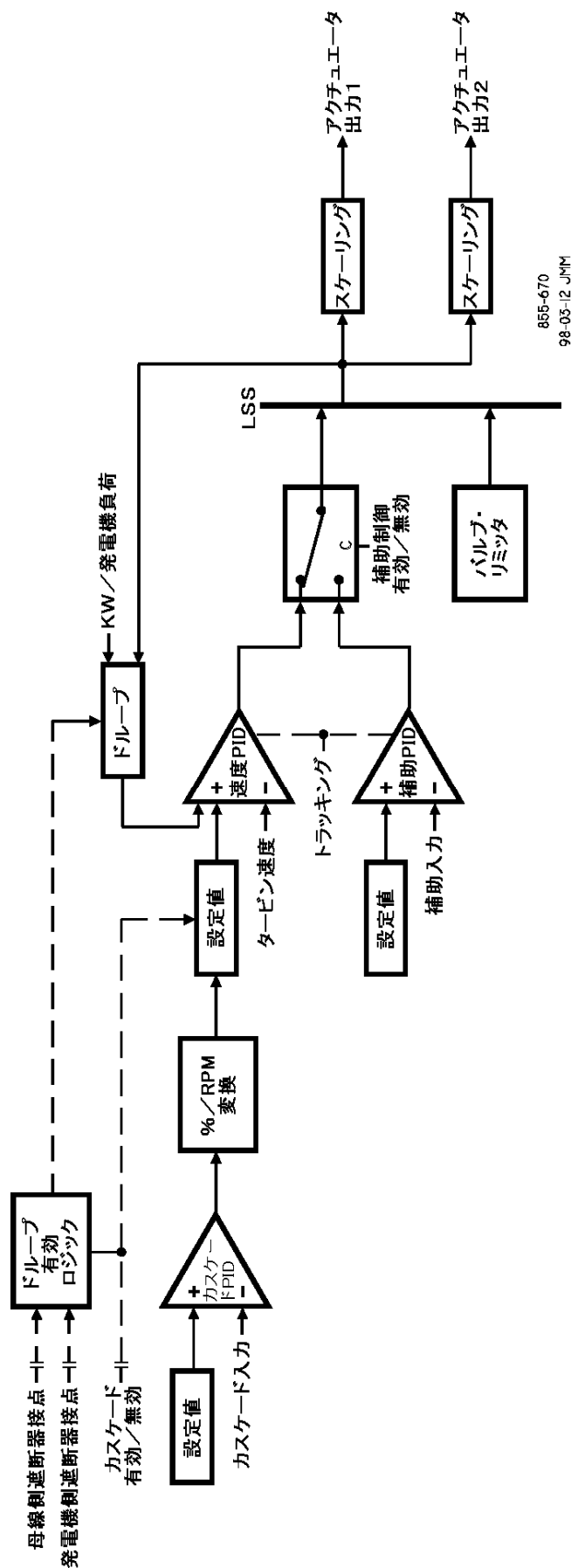


図 3-6. シングル・タービンまたはスプリット・レンジ・タービンの構成(補助 PID をリミッタとして使用)



855-670
98-03-12 JMM

図 3-7. シングル・タービンまたはスプリット・レンジ・タービン(補助 PID をコントローラとして使用)

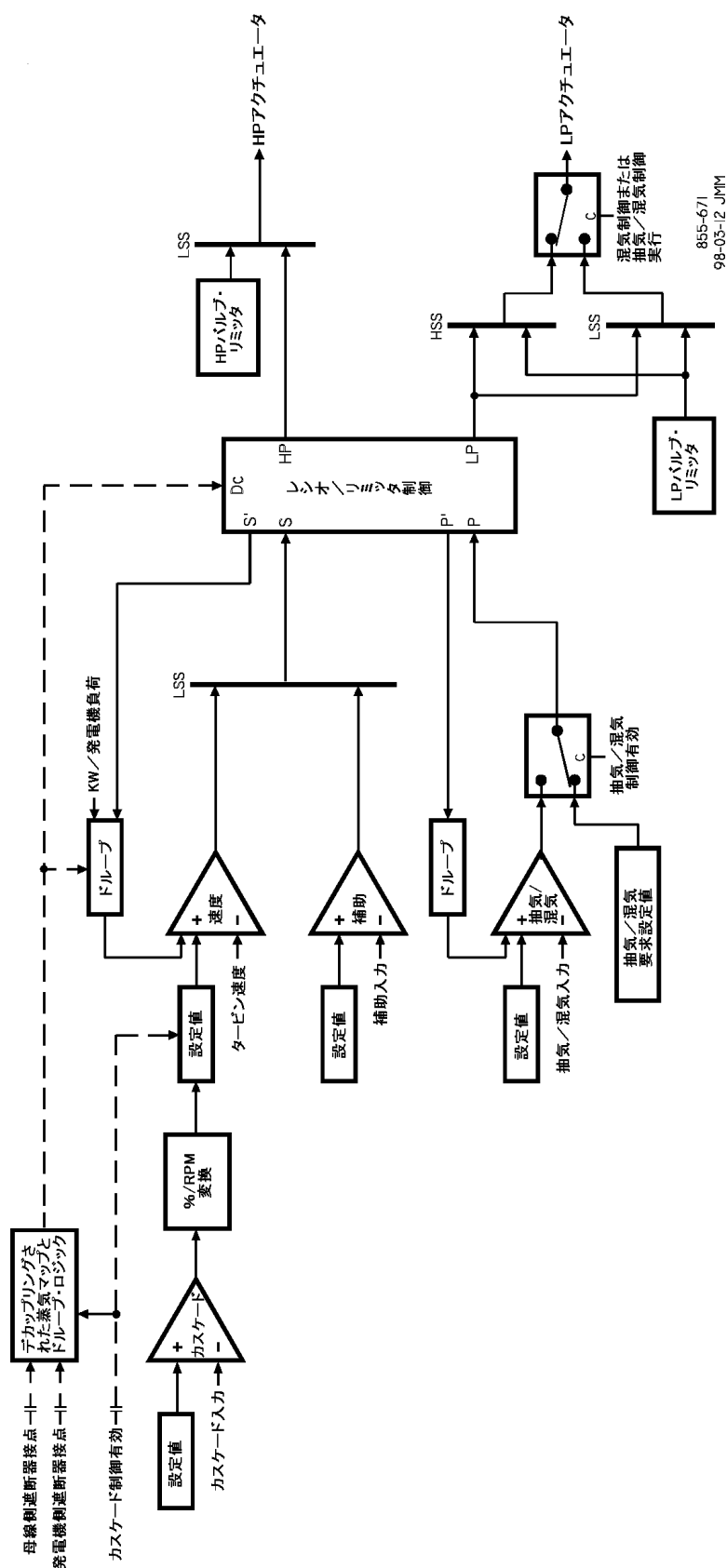


図 3-8. 抽気／混気タービンの構成(補助 PID をリミッタとして使用)

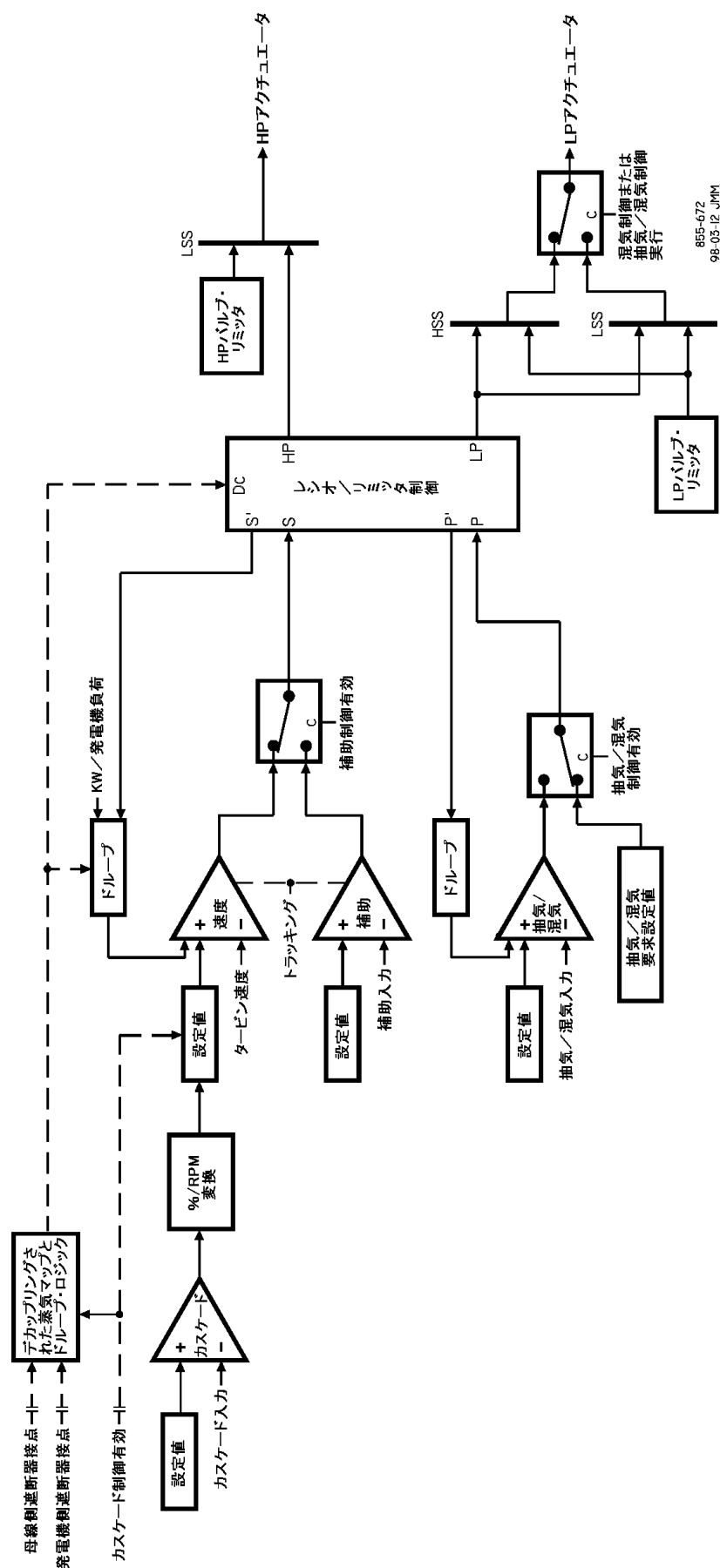


図 3-9. 抽気／混気タービンの構成(補助 PID をコントローラとして使用)

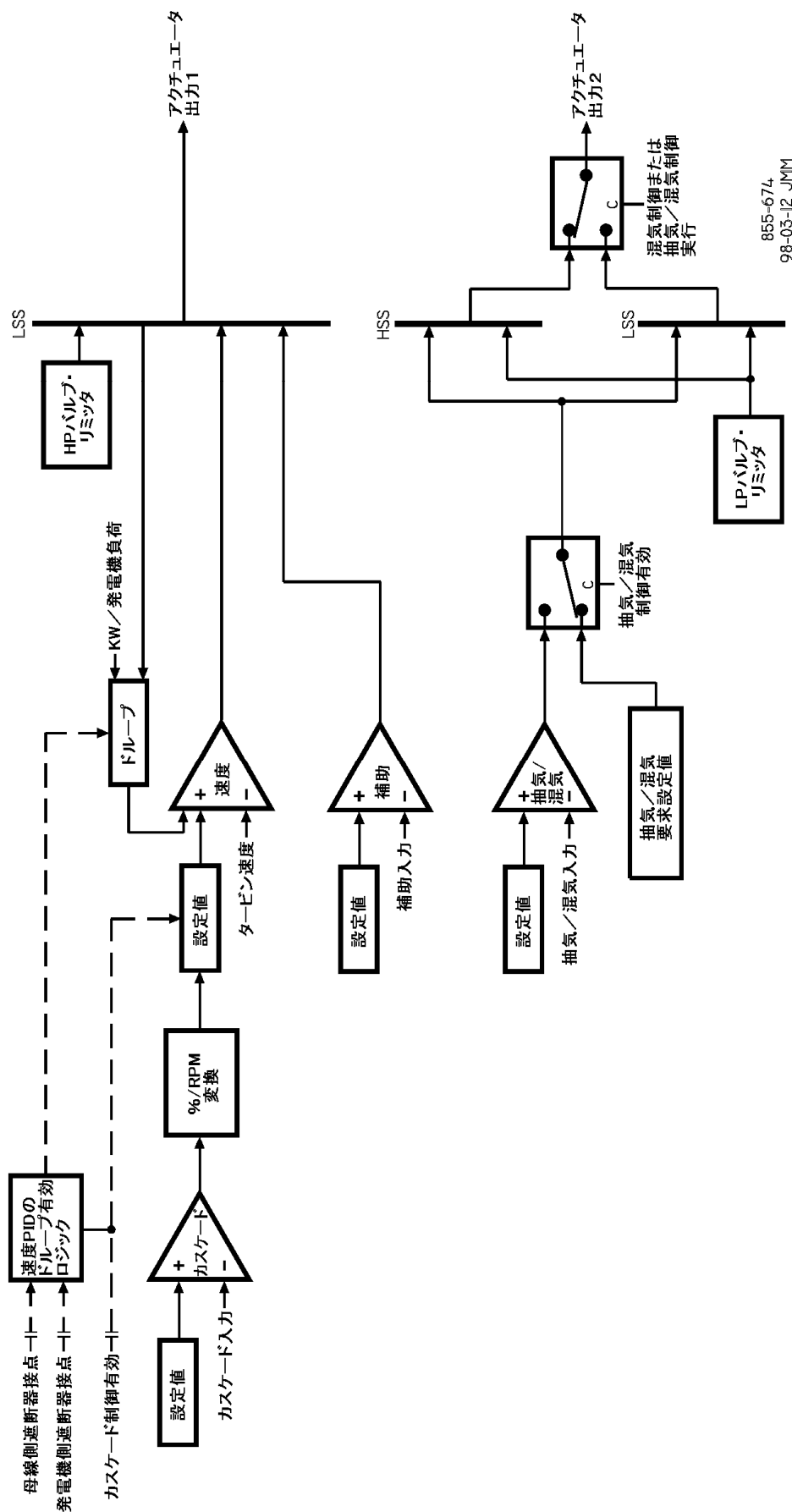


図 3-10. 抽気／混気タービンの構成(デカップリングされた HP & LP レンオ・リミタ、補助 PID はリミッタとして使用)

第 4 章

制御システムの設計方法

5009を使用した制御システムについて

この章では、5009 制御装置で何ができるか、この制御装置を制御システムに組み込むにはどのようにするかという事に付いて説明します。ここでは、一般的な制御システムの例を図示し、その制御機能を説明すると共に、このような一般的な制御システムで 5009 制御システムの設定を行う時にプログラマが知っておくべき PROGRAM モードや RUN モードの注意事項が書かれています。また、制御システムの各例を図示する中で、5009 制御装置と基本的な周辺装置との接続方法を示し、これによって、5009 が行う制御の範囲がどのように広がるかという事を示しています。表 4-1 を参照の事。

速度／負荷PID

速度 PID は、以下のふたつのパラメータを制御、もしくは、あるレベル以下に制限する事ができます：

発電ユニットの速度／周波数

発電ユニットの負荷

5009 制御システムの速度 PID は、商用母線(無限大母線)から分離して運転されている時は発電ユニットの速度／周波数を制御し、商用母線と並列運転を行う時は、発電ユニットの負荷を制御します。速度 PID では、アクチュエータ出力信号、または、発電機出力センサからの 4-20 mA アナログ入力信号により、発電機ユニットの負荷を検出するようにプログラムする事ができます。アナログ入力信号により発電機負荷を検出し制御するように設定した時だけ、正しい発電機負荷を制御する事ができます。タービンの前圧や背圧の変動を検出して補正しつつ、(アナログの)発電機負荷信号を制御装置に直接入力する事ができるので、その結果、発電機の実負荷の制御が可能になります。

発電ユニットの負荷を、速度 PID で制限するには、速度 PID の設定値と関連するリミット値を組み合わせ使用します。速度 PID を発電機負荷のリミットとして使用する場合、必ず、5009 が発電機の実負荷を検出するように設定しなければなりません。5009 制御システムで、ソフト・グリッドと呼ばれる、周波数が大きく変動するような母線に接続された発電ユニットを制御する場合、発電機負荷の制限は、速度 PID ではなく、補助 PID で行うようにしてください。

5009 制御システムで抽気タービンの制御を行う場合、抽気 PID の出力は 5009 制御装置のレシオ／リミットに直接接続されます。従って、この PID が、指定されたパラメータを制御する為に、どのバルブを操作するかは、装置プログラム時の設定内容に基づいて決まります。この PID は、1 個または 2 個の蒸気バルブを直接操作します。

抽気／混気PID (抽気／混気 タービンのみ)

5009 制御システムの抽気／混気 PID は、以下のパラメータを制御する事ができます。

抽気／混気蒸気圧

抽気／混気蒸気流量

タービンの背圧

タービンの出口流量

5009 制御システムの抽気／混気 PID を使用すれば、上記のパラメータのどれでも制御する事ができます。この PID は、5009 の制御システムの PCI や接点入力や Modbus コマンドから、有効にしたり、無効にしたりする事ができます。

抽気／混気 PID の出力は、5009 制御システムのレシオ／リミッタに直接接続されているので、上記のパラメータを制御する為に、装置プログラム時の設定内容に基づいて、この PID は、1 個または 2 個の蒸気バルブを直接操作します。5009 制御装置が、HP & LP バルブ・デカップリング・モードに設定されている場合のみ、抽気／混気 PID はタービンの背圧や出口流量を制御する事ができます。

補助PID

5009 制御システムの補助 PID は、以下のパラメータを制御したり、制限したりするように設定する事ができます。

- タービンの前圧
- タービンの入口流量
- タービンの背圧
- タービンの出口流量
- 発電機出力
- プラントまたは母線のインポート／エクスポート電力
- プロセスの温度
- コンプレッサの吸込み圧
- コンプレッサの吸込み流量
- コンプレッサの吐出し圧
- コンプレッサの吐出し流量

どのプロセス・パラメータも、発電ユニットの負荷か前圧か背圧に関係しています。(どれに関係するかは、プログラム時の設定によります。)

この PID をリミッタとしてプログラムした場合、この PID の出力は、速度 PID の出力との低信号出力になります。このように設定した場合、補助 PID はセンサで検出したパラメータを見ながら発電機の負荷を制限する事ができます。

補助 PID がコントローラとして設定されている場合、5009 制御装置の PCI や接点入力や Modbus コマンドによって、この PID を有効または無効に設定する事ができなければなりません。制御装置をこのように設定したならば、補助 PID が有効になっている時には、速度 PID は無効にされ、補助 PID (の出力) に追従します。

上記のパラメータのどれかを制御したり、指定した範囲内に制限したりするには、このパラメータのレベルを表すアナログの補助入力信号を 5009 に入力できるように、PROGRAM モードで設定しておかなければなりません。ただし、発電機負荷を制御したり、制限したりする時は、例外です。補助 PID と、速度 PID の両方で、KW 負荷／発電機負荷を共用するように、設定する事もできます。

カスケードPID

5009 制御システムのカスケード PID は、以下のパラメータを制御するようにプログラムする事ができます。

- タービンの前圧
- タービンの入口流量
- タービンの背圧
- タービンの出口流量
- 発電機出力
- プラントまたは母線のインポート／エクスポート電力
- プロセスの温度
- コンプレッサの吸込み圧
- コンプレッサの吸込み流量

コンプレッサの吐出し圧
コンプレッサの吐出し流量
その他の発電機負荷、前圧、背圧に関する工業プロセス（プログラム時の設定による）

この PID は、5009 制御装置の PCI や接点入力や Modbus コマンドによって、有効または無効に設定する事ができなければなりません。

カスケード PID は速度 PID にカスケード接続して、速度や負荷を変化させる為に使用します。カスケード PID は、速度 PID の設定値を操作して、エンジン発電機ユニットの速度や負荷を変化させる事により、カスケード PID への入力パラメータを制御します。このように設定すると、（速度／負荷モードとカスケード・モードの）ふたつの制御モードの間を、バンプレスに移行する事ができます。

5009で構成 するアプ リケー ションの例

これから説明する制御システムの例では、5009 を組み込んだ制御システムの、存在し得る全ての構成や組み合わせを説明する事はできません。しかし、ここで例として取り上げられていない制御システムを製作する場合でも、ここに示されている例を参考にする事はできます。以下の例では示されていない制御パラメータを 5009 で制御したり、5009 を以下の例に示されていない制御システムに組み込んで使用する場合に、後述の様々な制御システムの例から必要なところを引っ張って来て、カスタマが製作したいと思う制御システムとよく似た制御システムを製作します。そして、このよく似た制御システムの制御パラメータを、カスタマの本来の制御システムで入力されたり、出力されたりするパラメータに置き換えて行きます。

例 ー 5009 でタービンの背圧に上限を設定する事ができるようにする為には、「タービンの前圧を制限しながらポンプ／コンプレッサの吐出し圧を制御する」のアプリケーションを参考にします。この例で、前圧を背圧に置き換え、ポンプ／コンプレッサの吐出し圧を制御するその他のパラメータは無視します。

この章では、以下の各例について説明します。

- 例 1: タービンの前圧を制限しながらポンプ／コンプレッサの吐出し圧を制御する。
- 例 2: デュアル・コイル・アクチュエータでタービンの前圧を制限しながら、ポンプ／コンプレッサの吸込み圧を制御する。
- 例 3: 発電機出力の制限およびインポート／エクスポート電力の制限を行いながらタービンの背圧制御を行う
- 例 4: DRFD サーボ・インタフェースとデュアル・コイル・アクチュエータを使用してインポート／エクスポート電力を制御する
- 例 5: DRFD サーボ・インタフェースを使用してインポート／エクスポート電力の制御を行う
- 例 6: アイランド・モードでアイソクロナス負荷分担とタービンの前圧制御を行う
- 例 7: アイランド・モードでアイソクロナス負荷分担とインポート／エクスポート電力の制御、または背圧の制御を行う
- 例 8: 発電機出力を制限しながら、タービンの前圧の制御と背圧の制御を行う
- 例 9: ブートストラップ始動を行う混気タービンを制御する
- 例 10: プラントの負荷制御および蒸気圧制御を行う
- 例 11: 誘導発電機の駆動を行う

各例の特徴と機能を、表 4-1 に示します。

5009 を組込む制御システム		例1	例2	例3	例4	例5	例6	例7	例8	例9	例10	例11
タービンのタイプ	発電機以外の機械を駆動する	×	×									
	同期発電機を駆動する			×	×	×	×	×	×	×	×	
	誘導発電機を駆動する											×
	2 方向インレット			×								
	抽気制御						×	×	×		×	
	抽気／混気制御					×						
	混気制御									×		
制御チャンネル	補助制御(リミッタとして使用)	×	×	×			×					
	補助制御(コントローラとして使用)				×	×						
	カスケード制御	×	×	×			×	×				
	同期投入			×	×	×	×	×	×	×		
	負荷分担						×	×				
	周波数制御				×	×	×					
	抽気／混気制御					×	×	×		×		
制御モード	タービンの前圧制御		×				×		×			
	タービン前圧に対する下限を設定	×										
	KW/発電機負荷制御							×		×	×	
	KW/発電機負荷の制限		×				×		×			
	インポート／エクスポート電力制御				×	×		×			×	
	インポート／エクスポート電力の制限			×								
	抽気圧／混気圧制御					×	×	×			×	
	混気流量制御									×		
	タービンの背圧制御			×				×	×			
	コンプレッサの吸込み圧制御		×									
マップでのカップリングモード	HP&LPカップリング制御					×				×		
	前圧デカップリング制御						×					
	背圧デカップリング制御							×				
	HP&LPデカップリング制御								×			
同時に使用する制御装置	DSLSC			×	×	×	×	×	×	×	×	
	MSLC							×			×	
	リアル・パワー・センサ(RPS)			×	×	×	×		×	×		
	DRFD				×	×						
	センサ冗長化		×									
	デュアル・コイル・アクチュエータ		×									

表 4-1. 各例の特徴と使用できる機能

例1

タービンの前圧を制限しながらポンプ／コンプレッサの吐出し圧を制御する

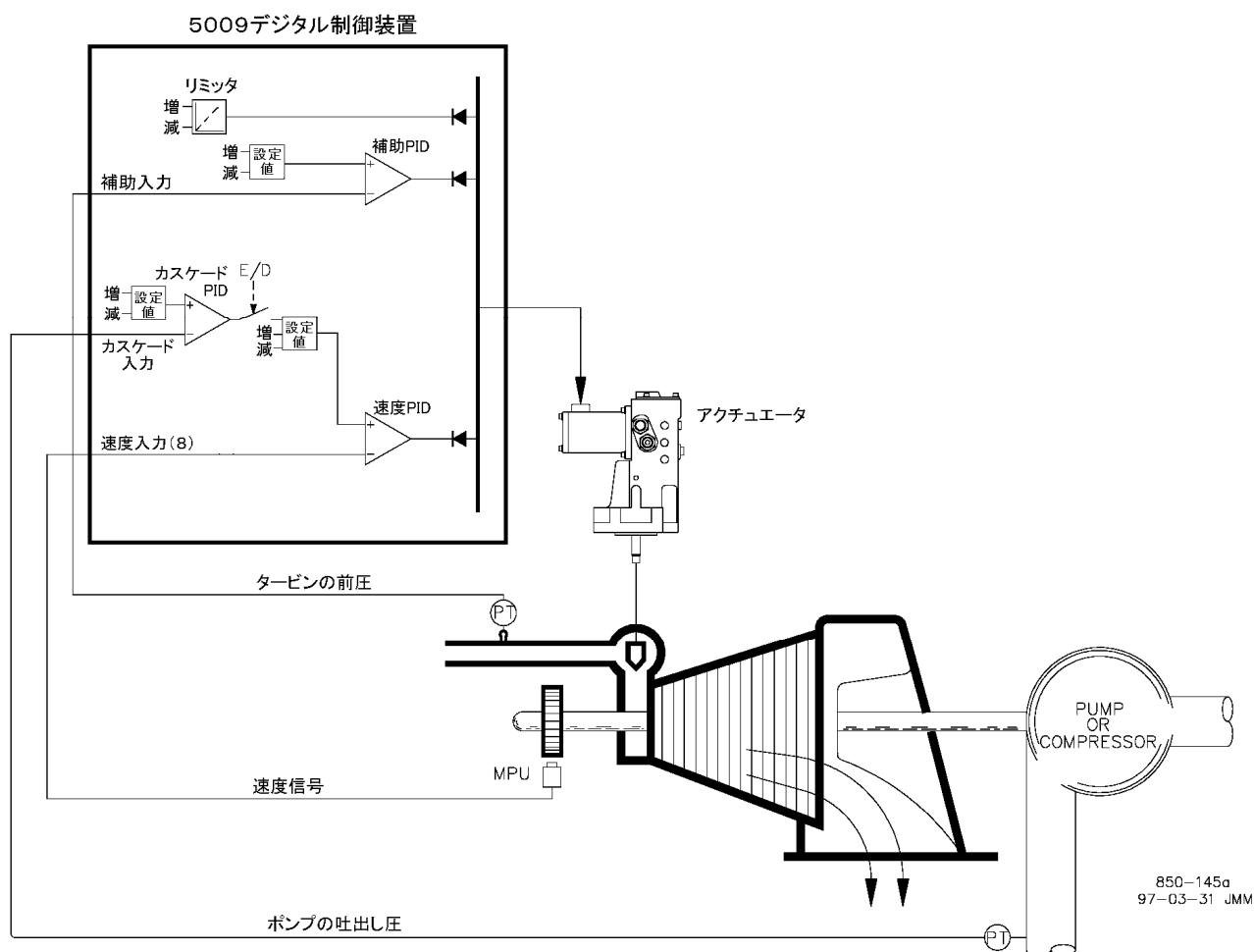


図 4-1. タービンの前圧を(あるレベルより上に)制限しながらポンプ／コンプレッサの吐出し圧を制御する

これは、5009とタービンをポンプやコンプレッサの駆動に使用する、ごく普通の例です。このアプリケーションでは、5009は通常ポンプ／コンプレッサの吐出し圧を制御し、タービン入口圧力低下時に備えてガバナ・バルブ位置に上限を設定するようにプログラムされます。ここでは、補助制御モードとカスケード制御モードの両方が使用されています。図 4-1 に記載され、以下に説明されている様々な機能を全て使用するような制御システムもありますが、全ての機能が必要ではない制御システムもあります。

このアプリケーションでは、ポンプ／コンプレッサの吐出し圧は、5009のカスケード制御機能で制限します。この吐出し圧は、プラント内の様々なプロセスに関係して来ますので、通常プラントの分散処理システム(DCS)がプロセスの状態をモニタしながら、5009へのカスケード設定信号を操作します。カスケード設定の操作は、Modbus コマンドを使用してでも、設定値増／減のディスクリート信号によってでも、アナログの設定信号によってでも、PCIによってでも行う事ができます。

このアプリケーションでは、システム・ヘッダの動作(蒸気圧)に問題がある場合に、タービンの前圧を一定に保持する為に、リミッタタイプの制御機能を使用しなければなりません。このような目的で使用できるPIDは補助PIDしかありませんので、タービンの前圧を検出して、タービン入口圧力が下側設定値より低下しないようにガバナ・バルブの出力に上限を設定する為には、この補助PIDを使用します。

プラントの分散処理システム(DCS)が、ある工業プロセスを検出してその制御を行う為に、複数のポンプやコンプレッサの負荷の配分を調整している(つまり負荷分担を行っている)場合、DCSが5009のリモート速度設定のアナログ入力端子に信号を出力する事によって、5009の速度PIDの設定値を直接操作する事もできます。このようにすると、DCSが複数のポンプやコンプレッサの速度を直接しかも同時に操作しながら、プラントや制御システム全体の状態をモニタしたり、調整したりする事ができます。

5009のPIDに関する設定値は全て、PROGRAMモードで設定された設定値増/減接点や、4-20 mA 入力信号や、Modbus コマンドや、PCIにより調整する事ができます。

タービン制御システム設計担当のエンジニアが、図 4-1 のようなリミッタ機能付きの制御機能を有する5009を組み込んだ制御システムを設計する時には、以下に示す注意事項に留意しつつ行ってください。

例1の場合の始動方法と運転モード: タービンの始動とアイドル速度または最小速度設定までの増速は、自動(オートマチック・モード)、半自動(セミオートマチック・モード)、手動(マニュアル・モード)のいずれかで行う事ができます。もしアイドル/定格速度の機能またはオート・スタート・シーケンスの機能がプログラム時に設定されていれば、この機能を使用して速度設定を、アイドル速度または最小速度設定から、定格速度に増速します。また、オペレータが「速度設定増」のコマンドを5009に出力する事により、手動でタービン速度を増速する事もできます。

タービン発電機ユニットが始動して、タービンを最小速度設定または任意の速度で運転している時に(ポンプ/コンプレッサの吐出し圧を制御している)カスケード制御の機能は、外部接点入力や Modbus 通信(端末)や PCI から、有効にしたり無効にしたりする事ができます。カスケード制御の機能が有効になっている時に、ポンプ/コンプレッサからの実際の吐出し圧と設定値が一致なくなると、このふたつが一致するまで、5009はタービン速度を「Speed Setpoint Slow Rate (低速速度設定変更レート)」で増減して、自動的に調整します。

このアプリケーションでは、補助制御がリミッタとして使用されているので、この機能を(外部接点入力などで)無効から有効に切り替える必要はありません。タービンの前圧が補助制御の設定値より下に下がったならば、ガバナ・バルブの制御は直ちに補助PIDに移り、タービンのヘッダ部の前圧を指定されたレベルに保持する為にガバナ・バルブの位置を引き下げます。

このアプリケーションに関連する調整可能なパラメータとその変更レートについては、このマニュアルのSERVICEモードの所を参照してください。

例2

デュアル・コイル・アクチュエータでタービンの前圧を制限しながら、ポンプ／コンプレッサの吸込み圧を制御する

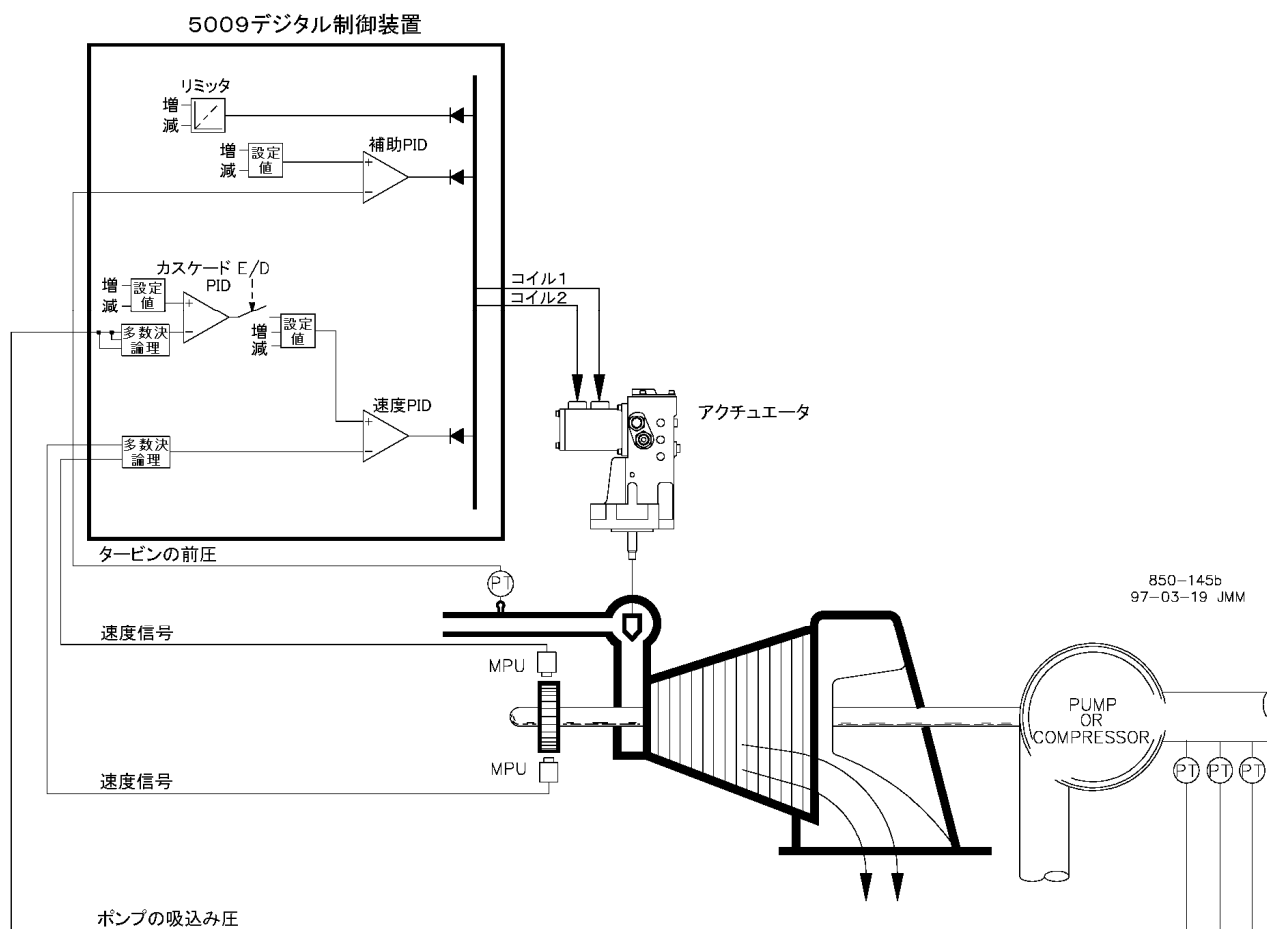


図 4-2. デュアル・コイル・アクチュエータでタービンの前圧を制限しながら、ポンプ／コンプレッサの吸込み圧を制御する

これは、ごく普通に見られる、ポンプまたはコンプレッサのアプリケーションです。このアプリケーションでは、通常、5009 はポンプ／コンプレッサの吸込み圧を制御し、タービン入口圧力低下時に備えてガバナ・バルブの位置に上限を設定します。このアプリケーションでは、補助制御モードとカスケード制御モードの両方を使用します。速度信号とカスケード信号は、冗長化されています。図 4-2 に記載され、以下に説明されている様々な機能を全て使用するような制御システムもありますが、全ての機能が必要ではない制御システムもあります。

このアプリケーションでは、5009 制御装置は、カスケード制御機能によりポンプ／コンプレッサの吸込み圧を制御します。5009は、複数の(冗長化された)圧力信号発生器からカスケード信号を受け取ります。リダンダント・センサの為の I/O の接続方法に付いては、このマニュアルの第 2 巻に説明されています。

通常、コンプレッサの吐出し圧は他の様々なプラント内の工業プロセスに影響を及ぼしますので、プラントの分散処理システム(DCS)がプロセスをモニタしながらカスケード設定信号の値を計算して出力する事もあります。しかし、カスケード設定の操作は、Modbus コマンドを使用してでも、設定値増／減のディスプレイ信号によってでも、アナログの設定信号によってでも、PCI によってでも行う事ができます。

このアプリケーションでは、システム・ヘッダの動作(蒸気圧)に問題がある場合に、タービンの前圧を一定に保持する為に、リミッタ・タイプの制御機能を使用しなければなりません。このような目的で使用できる PID は補助 PID しかありませんので、タービンの前圧を検出して、タービン入口圧力が下側設定値より低下しないようにガバナ・バルブの出力に上限を設定する為には、この補助 PID を使用します。

プラントの分散処理システム(DCS)が、ある工業プロセスを検出してその制御を行う為に、複数のポンプやコンプレッサの負荷の配分を調整している(つまり負荷分担を行っている)場合、DCS が 5009 のリモート速度設定のアナログ入力端子に信号を出力する事によって、5009 の速度 PID の設定値を直接操作する事もできます。このようにすると、DCS が複数のポンプやコンプレッサの速度を直接しかも同時に操作しながら、プラントや制御システム全体の状態をモニタしたり、調整したりする事ができます。

5009 の PID に関する設定値は全て、PROGRAM モードで設定された設定値増／減接点や、4-20 mA 入力信号や、Modbus コマンドや、PCI により調整する事ができます。

タービン制御システム設計担当のエンジニアが、図 4-2 のようなリミッタ機能付きの制御機能を有する 5009 を組み込んだ制御システムを設計する時には、以下に示す注意事項に留意しつつ行ってください。

例2の場合の始動方法と運転モード。 タービンの始動とアイドル速度または最小速度設定までの増速は、自動(オートマチック・モード)、半自動(セミオートマチック・モード)、手動(マニュアル・モード)のいずれかで行う事ができます。もしアイドル／定格速度の機能またはオート・スタート・シーケンスの機能がプログラム時に設定されていれば、この機能を使用して速度設定を、アイドル速度または最小速度設定から定格速度に増速します。また、オペレータが「速度設定増」のコマンドを 5009 に出力する事により、手動でタービン速度を増速する事もできます。

タービン発電機ユニットが始動して、タービンを最小速度設定または任意の速度で運転している時に(ポンプ／コンプレッサの吸込み圧を制御している)カスケード制御の機能は、外部接点入力や Modbus コマンドや PCI から、有効にしたり無効にしたりする事ができます。カスケード制御の機能が有効になっている時に、ポンプ／コンプレッサからの実際の吸込み圧と設定値が一致なくなると、このふたつが一致するまで、5009 はタービン速度を「Speed Setpoint Slow Rate (低速速度設定変更レート)」で増減して、自動的に調整します。

このアプリケーションでは、補助制御がリミッタとして使用されているので、この機能を(外部接点入力などで)無効から有効に切り替える必要はありません。タービンの前圧が補助制御の設定値より下に下がったならば、ガバナ・バルブの制御は直ちに補助 PID に移り、タービンのヘッダ部の前圧を指定されたレベルに保持する為にガバナ・バルブの位置を引き下げます。

このアプリケーションに関連する調整可能なパラメータとその変更レートについては、このマニュアルの SERVICE モードの所を参照してください。

例3 発電機出力の制限およびインポート／エクスポート電力の制限を行いながらタービンの背圧制御を行う

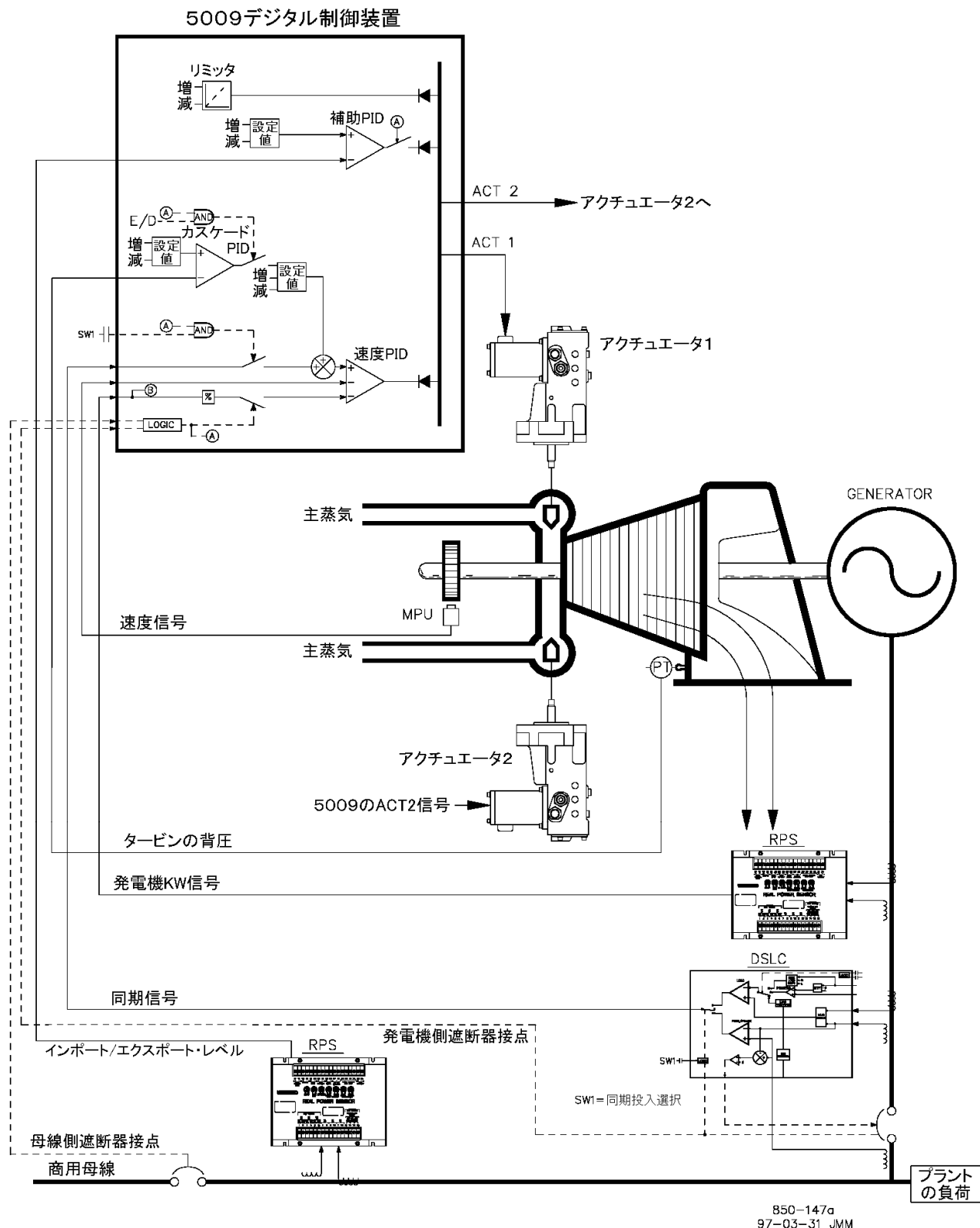


図 4-3. 発電機出力の制限およびインポート／エクスポート電力の制限を行いながらタービンの背圧制御を行う

これは、プラント内の工場蒸気(タービンの背圧)をある一定の圧力レベルに保持したい場合に、通常よく使用されるアプリケーションの一例です。このアプリケーションでは、タービンの負荷は工場蒸気の需要に応じて変動します。またこの場合も、補助制御モードとカスケード制御モードが両方共使用されます。図 4-3 に記載され、以下に説明されているさまざまな機能を全て使用するような制御システムもありますが、全ての機能が必要なわけではない制御システムもあります。

このアプリケーションでは、5009のカスケードPIDでタービンの背圧制御を行ないます。制御システムのオペレータが好きな時にこの制御機能を有効にしたり無効にしたりする事ができるので、カスケードPIDはこのような制御を行なう為の理想的な制御機能です。こうすると、工場蒸気の制御をガバナ・バルブからレットダウン・ステーション(Letdown Station)やタービンのバイパス・バルブで行なうように切替えたり、レットダウン・ステーションやタービンのバイパス・バルブからガバナ・バルブで行なうように切替えたりすることを、制御システムのオペレータが全く自由に行なう事ができるようになります。

このアプリケーションでは、タービンの負荷は工場蒸気の需要に応じて大きく変動するので、発電機を過負荷から保護する為にリミッタを使用します。5009で発電機負荷を制限するには、5009で発電機負荷を検出する事ができなければなりません。図 4-3 では、弊社のリアル・パワー・センサ(RPS)で発電機負荷を検出して、5009 制御装置の KW ドループ入力端子に入力しています。発電機過負荷に対する保護は、速度PIDに対して「速度設定の最大値(speed setpoint maximum limit)」を指定する事により行います。プログラム時に「速度設定の最大値」を「定格速度+100%負荷時の%ドループ値」に設定すると、背負う負荷が 100%負荷を超えるようなアクチュエータ信号は出力されなくなります。

このアプリケーションでは、プラントのエクスポート電力をゼロ以下に保持する為に、リミッタ・タイプの機能を使用しなければなりません。商用母線から電力を買うよりは自家発電した電力を使う方が経済的ですが、発電した電力が多過ぎたからといってエクスポートした電力に対して払い戻しを受ける事はできませんので、インポート/エクスポート電力が両方ともゼロの状態が一番良い状態という事になります。5009 の様々な制御機能の中でリミッタとして使用できるものは補助 PID だけですから、(プラント・商用母線間の)タイ・ライン電力を検出して、ゼロ・エクスポート・リミットの設定に基づいてタービン発電機ユニットの出力に上限を設定する為に使用できる機能は、補助 PID しかありません。

このアプリケーションでは、プラント・商用母線間の電力の流れを検出する為に2台目のリアル・パワー・センサ(P/N 8272-726)を使用します。このリアル・パワー・センサは特殊なパワー・センサで、-5A から +5A までの CT 電流を検出して、インポート方向およびエクスポート方向に流れる電力の大きさを表す信号を出力します。このリアル・パワー・センサでは、電力の流れがゼロの時の出力は 12mA です。従って、このタイプのリアル・パワー・センサ(P/N 8272-726)を(1台目のリアル・パワー・センサのように)発電機の負荷や出力を検出する為に使用して、その信号を 5009 に接続する事はできません。リアル・パワー・センサには、発電機出力を検出する為のものと、プラントのインポート/エクスポート電力を検出する為のものの 2 種類がありますので、ご注意ください。

このアプリケーションでは、DSLCL を同期投入のみに使用します。DSLCL は 5009 にアナログ信号を出力しますので、その為のアナログ入力を 5009 の側で指定しておかなければなりません。5009 プログラム時に同期信号/同期投入機能を使用するように設定したならば、この同期投入機能(同期信号)は、外部接点からでも、Modbus からのコマンド入力によってでも、PCI からでも有効にしたり、無効にしたりする事ができます。図 4-3 に示すように、このアプリケーションではパネルに装着された DPST (2極単投) スイッチを使用して、DSLCL と 5009 を両方同時に自動同期投入モードに切替えます。

この例では、スプリット・レンジ・バルブを使用しています。このバルブは、両方共同 LSS バスから駆動されますが、アクチュエータ 1 がプログラム時に設定された「offset %」に到達するまで、アクチュエータ 2 は開きません。アクチュエータ 1 が「offset %」に到達すると、両方のアクチュエータは均等に動きます。

5009 の PID に関する設定値は全て、PROGRAM モードで設定された設定値増/減接点や、4-20 mA 入力信号や、Modbus コマンドや、PCI により調整する事ができます。

タービン制御システム設計担当のエンジニアが、図 4-3 のようなリミッタ機能付きの制御機能を有する 5009 を組み込んだ制御システムを設計する時には、以下に示す注意事項に留意しつつ行ってください。

例3の場合の始動方法と運転モード. タービンの始動とアイドル速度または最小速度設定までの増速は、自動(オートマチック・モード)、半自動(セミオートマチック・モード)、手動(マニュアル・モード)のいずれかでを行う事ができます。もしアイドル/定格速度の機能またはオート・スタート・シーケンスの機能がプログラム時に設定されていれば、この機能を使用して速度設定を、アイドル速度または最小速度設定から、定格速度に増速します。また、オペレータが「速度設定増」のコマンドを 5009 に出力する事により、手動でタービン速度を増速する事もできます。

タービン発電機ユニットが始動して、定格速度で運転されている時に、発電機を母線に、自動でも、手動でも、同期投入する事ができます。オペレータは、自動同期投入選択スイッチ(図 4-3 の SW1)を閉じる事により、自動同期投入を開始します。このスイッチが閉じられると、5009 への同期信号が有効になり、DSLCL の自動同期投入の機能が選択されます。

プラントと商用母線の間の母線側遮断器が閉じられて、なおかつ発電機側遮断器も閉じられたなら、5009 は速度もしくは負荷の設定値を最小負荷のレベルまで上げる事によって、電力の逆送や発電機のモータリングが発生する事を防止します。この最小負荷のレベルは速度/負荷設定の値に基づいて決定され、デフォルト値は発電機が全負荷の 3%を背負った時の値です。この値は、5009 の PCI で設定・変更可能です。(BREAKER LOGIC ·· Min Load Bias = xxx rpm)

同期投入を行なった後、速度/負荷設定増および速度/負荷設定減の接点を使用するか、プログラム時に負荷設定入力に指定された 4-20mA 信号を使用するか、Modbus からコマンドを入力するか、PCI を使用する事によって 5009 の発電機負荷設定の値を増減する事ができます。

(タービンの背圧を制御する)カスケード制御の機能は、母線側遮断器接点と発電機遮断器接点が閉じている時であれば、いつでも有効にする事ができます。カスケード制御の機能を有効にするには、プログラム時に指定した外部接点を閉じるか、Modbus からコマンドを入力するか、PCI から必要な操作を行う事によって行ないます。背圧の制御をレットダウン・ステーションやタービンのバイパス・バルブから 5009 に切替えるには、次のいずれかの方法によって行います。カスケード制御の機能を有効にしてから、レットダウン・ステーションの設定値を後退(back down)させるか、レットダウン・ステーションを閉じる事ができるまで、速度 PID の設定値を操作してタービンの負荷をゆっくりと増加させ、その後、カスケード制御の機能を有効にする。

タービンの背圧の制御を 5009 のカスケード PID で行なうように切替えたなら、レットダウン・ステーションやタービンのバイパス・バルブを閉じるか、制御を手動モードに切替えます。こうすると、(5009 のカスケード PID と制御システムのレットダウン・ステーションの)ふたつの制御装置がひとつのパラメータの制御に関して互いに干渉し合って、システムの動作が不安定になる事はありません。

このアプリケーションでは、補助制御の機能がリミッタとして動作するように設定され、母線側遮断器接点と発電機遮断器接点が両方共閉じた時に、自動的に有効になります。5009 とリアル・パワー・センサを組み合わせる事によって、タービン発電機ユニットが母線と並列運転を行なう時に商用母線から電力をインポートする事はできますが、エクスポートする事はできません。商用母線からプラントに入ってくる電力がゼロ・インポート/エクスポート・レベルに到達すると、商用母線からプラントに電力がインポートされる状態になるまで、補助 PID は発電機出力がこれ以上増加しないように抑制します。

必要であれば、補助 PID の設定値をゼロ・インポート／エクスポート・レベル以外の値に設定して、プラントで発電される電力に対して任意の上限を設定する事もできます。

例4

DRFD サーボ・インタフェースを使用してインポート／エクスポート電力を制御する

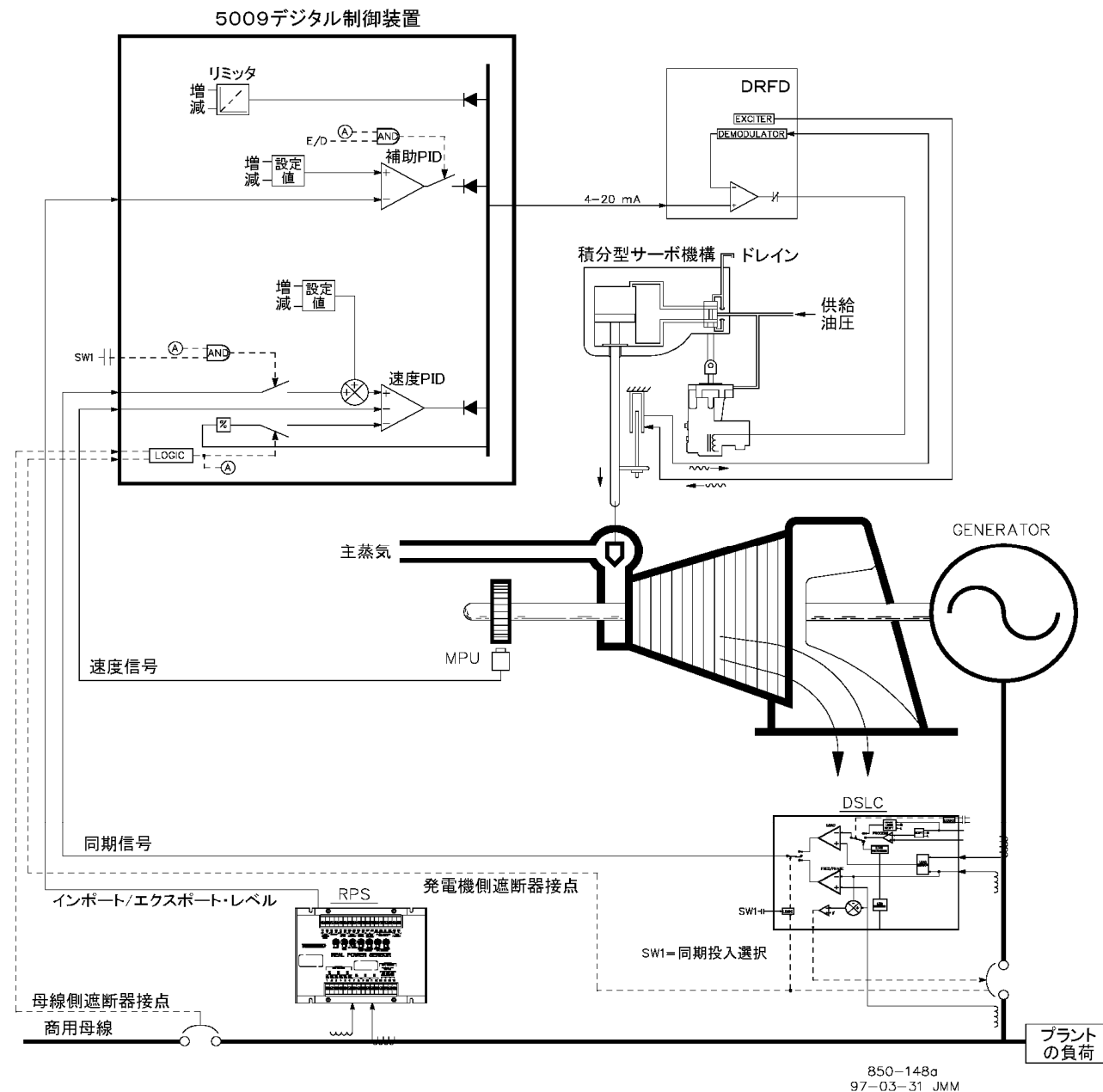


図 4.4. DRFD サーボ・インタフェースを使用してインポート／エクスポート電力を制御する

これは、プラントが商用母線と並列運転をする場合にはインポート／エクスポート電力の制御を行い、商用母線と並列運転をしない場合は周波数制御を行なう時に通常よく使用される、タービン発電機制御のアプリケーションの例です。このアプリケーションでは、商用母線と並列運転を行なっている時には、タービンの負荷はその時のプラントの電力需要に基づいて変動します。図 4.4 に記載され、以下に説明されているさまざまな機能を全て使用するような制御システムもありますが、全ての機能が必要なわけではない制御システムもあります。

このアプリケーションでは、5009 の補助 PID でプラントのインポート／エクスポート電力の制御を行ないます。補助 PID の代わりに、カスケード PID をインポート／エクスポート制御に使用する事もできます。

(この機能は、カスタマがオプションで設定します。)このアプリケーションでは、補助制御がリミッタとして動作する時とは違って、オペレータがコマンドを入力する事によって、補助 PID の機能を有効にしたり、無効にしたりする事ができます。従って、オペレータが好きな時に、インポート/エクスポートの制御を始動したり停止したりする事ができます。

5009 でこのタイプの制御動作を行なうように設定した場合、補助 PID の機能が有効になった時には速度 PID の機能は無効になり、速度 PID は発電機負荷が最大(100%)になった時の 5009 のガバナ・バルブ出力を制限するだけです。また、ガバナ・バルブ出力が 5009 の補助制御機能によって制御されていない時は、補助設定は補助 PID の入力値を自動的にトラッキングします。

このアプリケーションでは、プラント・商用母線間の電力の流れを検出する為に 2 台目のリアル・パワー・センサ(P/N 8272-726)を使用します。このリアル・パワー・センサは特殊なパワー・センサで、-5A から +5A までの CT 電流を検出して、インポート方向およびエクスポート方向に流れる電力の大きさを表す信号を出力します。このリアル・パワー・センサでは、電力の流れがゼロの時の出力は 12mA です。従って、このタイプのリアル・パワー・センサ(P/N 8272-726)を(1 台目のリアル・パワー・センサのように)発電機の負荷や出力を検出する為に使用する事はできません。

このアプリケーションで、リアル・パワー・センサを 1 台で済ませたい場合、発電機負荷を、負荷検出器で検出するのではなく、タービンのガバナ・バルブ位置(5009 の LSS バス出力)から計算します。発電機が商用母線と並列運転を行っている時には、速度 PID は、発電機出力の代わりに、ガバナ・バルブの位置を制御します。従って、実際の発電機出力がどれくらいであっても、ガバナ・バルブ出力 100%の位置が 100%負荷の位置と見なされます。

このアプリケーションでは、DSLCL を同期投入のみに使用します。DSLCL は 5009 にアナログ信号を出力しますので、その為のアナログ入力を 5009 の側で指定しておかなければなりません。5009 プログラム時に同期信号/同期投入機能を使用するように設定したならば、この同期投入機能(同期信号)は、外部接点からでも、Modbus からのコマンド入力によってでも、PCI からでも有効にしたり、無効にしたりする事ができます。図 4-4 に示すように、このアプリケーションではパネルに装着された DPST(2 極単投)スイッチを使用して、DSLCL と 5009 を両方同時に自動同期投入モードに切替えます。

既存のサーボ・アセンブリの中にも、 $\pm 50 \text{ mA}$ の信号でパイロット・バルブの位置決めを行い、LVDT を使用して実際のラック位置をフィードバックする事が可能なアクチュエータで、このようなアプリケーションに使用できるものが存在します。5009 にはバイポーラ型の出力回路がないので、(5009 だけで)サーボ・アセンブリを組み込んだ閉ループの制御を行なう事はできませんから、上記の既存のサーボ・アクチュエータと信号のやり取りを行なうには、弊社のデジタル・リモート・ファイナル・ドライバ(DRFD)を使用します。積分動作を行う DRFD は、5009 から 4-20mA のバルブの位置決め信号を受け取り、なおかつ(LVDT や MLDT や直流型のポジション・フィードバック装置を使用して)実際のバルブ位置をモニタし、このふたつの信号を比較して、その結果に基づいてサーボ・アクチュエータの駆動信号を出力します。DRFD は(エキサイテーション電流を自分で出力し、デモデューレーションも自分で行なう事によって)LVDT と直接信号のやり取りをしますので、外部にコンバータなどを付ける必要はありません。

5009 の PID に関する設定値は全て、PROGRAM モードで設定された設定値増/減接点や、4-20 mA 入力信号や、Modbus コマンドや、PCI により調整する事ができます。

タービン制御システム設計担当のエンジニアが、図 4-4 のようなリミッタ機能付きの制御機能を有する 5009 を組み込んだ制御システムを設計する時には、以下に示す注意事項に留意しつつ行ってください。

例4の場合の始動方法と運転モード: タービンの始動とアイドル速度または最小速度設定までの増速は、自動(オートマチック・モード)、半自動(セミオートマチック・モード)、手動(マニュアル・モード)のいずれかで行う事ができます。もしアイドル/定格速度の機能またはオート・スタート・シーケンスの機能がプログラム時に設定されていれば、この機能を使用して速度設定を、アイドル速度または最小速度設定から、定格速度に増速します。また、オペレータが「速度設定増」のコマンドを 5009 に出力する事により、手動でタービン速度を増速する事もできます。

タービン発電機ユニットが始動して、定格速度で運転されている時に、発電機を母線に、自動でも、手動でも、同期投入する事ができます。オペレータは、自動同期投入選択スイッチ(図 4-4 の SW1)を閉じる事により、自動同期投入を開始します。このスイッチが閉じられると、5009 への同期信号が有効になり、DSLCL の自動同期投入の機能が選択されます。

DSLCL は、位相合わせによる同期投入でも、滑り周波数による同期投入でも行なう事ができます。そして、同期投入の前に、オートマチック・ボルテッジ・レギュレータ(AVR)を操作して母線と発電機の電圧を合わせます。DSLCL は、無電圧母線(dead bus)への投入を安全に行なう為に、LAN 上でデジタル・エシジョン・ネットワークを通じてプラント内の他の DSLCL と通信を行ないます。

プラントと商用母線の間の母線側遮断器が閉じられて、なおかつ発電機側遮断器も閉じられたなら、5009 は速度もしくは負荷の設定値を最小負荷のレベルまで上げる事によって、電力の逆送や発電機のモータリングが発生する事を防止します。この最小負荷のレベルは速度/負荷設定の値に基づいて決定され、デフォルト値は発電機が全負荷の3%を背負った時の値です。この値は、5009 の SERVICE モードで設定・変更可能です。(BREAKER LOGIC ∙∙ Min Load Bias = 5 rpm)

同期投入を行なった後、速度/負荷設定増および速度/負荷設定減の接点を使用するか、プログラム時に負荷設定入力に指定された 4-20mA 信号を使用するか、Modbus からコマンドを入力するか、PCI を使用する事によって 5009 の発電機負荷設定の値を増減する事ができます。

このアプリケーションでは、母線側遮断器接点と発電機側遮断器接点が両方共閉じた後であれば、何時でもインポート/エクスポート電力の制御(補助 PID)を使用する事ができます。補助制御の機能は、プログラム時に指定された外部接点や Modbus や PCI からコマンドを入力する事により、有効にすることができます。補助制御の機能が有効になる前に、補助設定はプラントのインポート/エクスポート電力に追従しているので、補助制御への切替えはノンプレースに行われます。補助制御の機能が有効になれば、補助 PID の設定値を、任意のインポート/エクスポート・レベルに調整する事ができます。

5009 制御装置の設定内容により、この装置は、母線側遮断器が開くと自動的に周波数制御に切り替わるはずですが、

例5

DRFD サーボ・インタフェースを使用してインポート／エクスポート電力を制御する
(混気または抽気／混気タービン、HP&LP カップリング・モード)

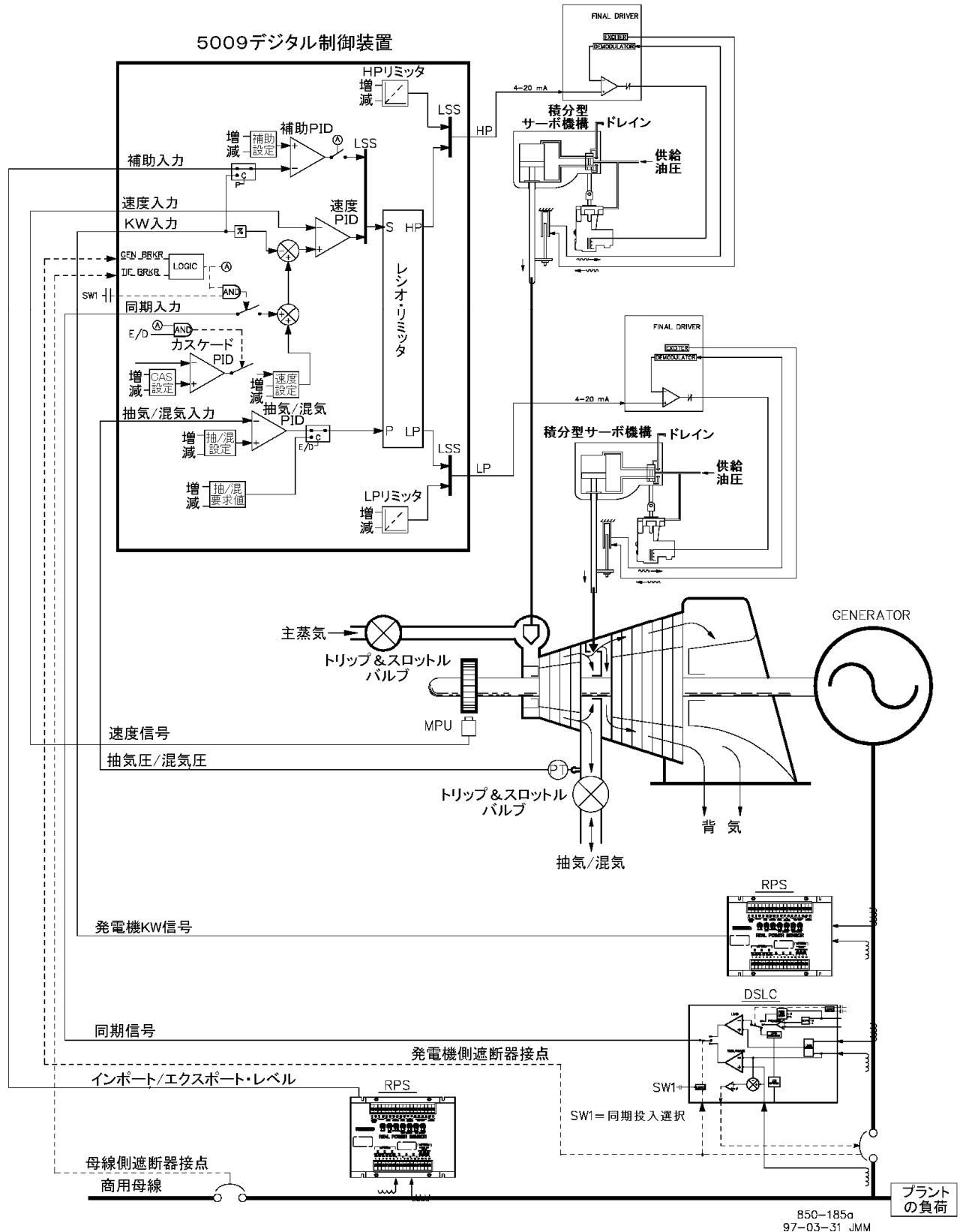


図 4-5. DRFD サーボ・インタフェースを使用してインポート／エクスポート電力の制御を行う

これは、プラントが商用母線と並列運転をする場合にはインポート／エクスポート電力の制御を行い、商用母線から分離して運転される場合は周波数制御を行なう時に通常よく使用される、タービン発電機制御のアプリケーションの例です。

このアプリケーションでは、商用母線と並列運転を行なっている時には、タービンの負荷はその時のプラントの電力需要に基づいて変動します。図 4-5 に記載され、以下に説明されている様々な機能を全て使用するような制御システムもありますが、全ての機能が必要なわけではない制御システムもあります。

このアプリケーションでは、5009 の補助 PID でプラントの電力のインポート/エクスポート制御を行ないます。補助 PID の代わりに、カスケード PID をインポート/エクスポート制御に使用する事もできます。このアプリケーションでは、補助制御をリミッタとして使用する時とは違って、オペレータがコマンドを入力する事によって、補助 PID の機能を有効にしたり、無効にしたりする事ができます。従って、オペレータが好きな時に、インポート/エクスポート電力の制御を始動したり停止したりする事ができます。5009 でこのような制御動作を行なうように設定した場合、補助 PID の機能が有効になった時には速度 PID の機能は無効になり、速度 PID は発電機負荷が最大 (100%) になった時の 5009 のガバナ・バルブ出力を制限するだけです。また、5009 の補助制御機能がガバナ・バルブ出力を「制御中」ではない時は、補助設定は補助 PID の入力値を自動的にトラッキングします。

このアプリケーションでは、2 台のリアル・パワー・センサ (RPS) を使用します。1 台は、5009 の速度/負荷 PID が発電機の出力を制御する為に発電機負荷を検出する為のもので、もう 1 台は、5009 の補助 PID がプラントのインポート/エクスポート電力を制御する為にプラント・商用母線間のタイ・ラインに流れるインポート/エクスポート電力を検出する為のものです。

このアプリケーションでは、プラント・商用母線間の電力の流れを検出する為のリアル・パワー・センサには、P/N 8272-726 を使用します。このリアル・パワー・センサは特殊な装置で、-5A から +5A までの CT 電流を検出して、インポート方向およびエクスポート方向の電力の大きさを表示する信号を出力します。このリアル・パワー・センサでは、インポート/エクスポート電力の流れがゼロの時の出力は 12mA です。従って、このタイプのリアル・パワー・センサを (1 台目のリアル・パワー・センサのように) 発電機の負荷や出力を検出する為に使用する事はできません。

混気タービンと抽気/混気タービンでは、始動、運転、停止の方法がよく似ていますので、ここに上げた例は両方のタービンに対して適用する事ができます。どちらのタービンでもタービンをシャットダウンする為に、外部トリップ・バルブもしくはトリップ & スロットル・バルブを閉じた時には、必ずタービンへの混気蒸気も完全に遮断しなければなりません。

混気圧または抽気/混気圧は、抽気/混気 PID によって制御されます。この PID は、混気蒸気ラインのトリップ & スロットル・バルブの両側の蒸気圧が一致した後で、手動で有効にします。オペレータは、抽気/混気制御ループを有効にする前に、手動で抽気/混気要求値を操作して混気蒸気ラインのトリップ & スロットル・バルブの両側の蒸気圧を一致させます。このアプリケーションでは、5009 の PCI や Modbus 端末から抽気/混気設定の値を変更する事ができます。

このアプリケーションでは、DSLC を同期投入のみに使用します。DSLC は 5009 にアナログ信号を出力しますので、その為のアナログ入力チャンネルを 5009 の側で設定しておかなければなりません。5009 の PROGRAM モードで同期入力を設定したならば、この同期信号は、外部接点からでも、Modbus のコマンド入力からでも、PCI からでも有効にしたり、無効にしたりする事ができます。図 4-5 に示すように、このアプリケーションでは、パネルに装着された DPST (2 極単投) スイッチを使用して、DSLC と 5009 を両方同時に自動同期投入モードに切替えます。

既存のサーボ・アセンブリの中にも、 ± 50 mA の信号でパイロット・バルブの位置決めを行い、LVDT を使用して実際のラック位置をフィードバックする事が可能なアクチュエータで、このようなアプリケーションに使用できるものが存在します。5009 にはバイポーラ型の出力回路がないので、(5009 だけで) サーボ・アセンブリを組み込んだ閉ループの制御を行なう事はできませんから、上記の既存のサーボ・アクチュエータと信号のやり取りを行なうには、弊社のデジタル・リモート・ファイナル・ドライバ (DRFD) を使用します。積分動作を行う DRFD は、5009 から 4-20mA のバルブの位置決め信号を受け取り、なおかつ (LVDT や MLDT や直流型のポジション・フィードバック装置を使用して) 実際のバルブ位置をモニタし、このふたつの信号を比較して、その結果に基づいてサーボ・アクチュエータの駆動信号を出力します。

DRFD は(エキサイテーション電流を自分で出力し、デモデューレーションも自分で行なう事によって) LVDT と直接信号のやり取りをしますので、外部にコンバータなどを付ける必要はありません。

5009 の PID に関連する設定値は全て、PROGRAM モードで設定された増加／減少の接点入力、4-20 mA 入力信号、Modbus からのコマンド入力、および PCI から変更する事ができます。

タービン制御システム設計担当のエンジニアが、図 4-5 のようなリミッタ機能付きの制御機能を有する 5009 を組み込んだ制御システムを設計する時には、以下に示す注意事項に留意しつつ行なってください。

例5の場合の始動方法と運転モード. タービンの始動とアイドル速度または最小速度設定までの増速は、自動(オートマチック・モード)、半自動(セミオートマチック・モード)、手動(マニュアル・モード)のいずれかで行う事ができます。アイドル／定格速度の機能またはオート・スタート・シーケンスの機能が設定されていれば、この機能を使用して、速度設定をアイドル速度または最小速度設定から、定格速度に増速する事ができます。また、オペレータが「速度設定増」のコマンドを 5009 に出力する事により、手動でタービン速度を増速する事もできます。

タービン発電機ユニットが始動して、定格速度で運転されている時に、発電機を母線に、自動でも、手動でも、同期投入する事ができます。オペレータは、自動同期投入選択スイッチ(図 4-5 の SW1)を閉じる事により、自動同期投入を開始します。このスイッチが閉じられると、5009 への同期(入力)信号が有効になり、DSLCL の自動同期投入の機能が選択されます。

DSLCL は、位相合わせによる同期投入でも、滑り周波数による同期投入でも行なう事ができます。そして、同期投入の前に、オートマチック・ボルテッジ・レギュレータを操作して母線と発電機の電圧を合わせます。DSLCL は、無電圧母線(dead bus)への接続を安全に行なう為に、LAN 上でデジタル・エシユロン・ネットワークを通じてプラント内の他の DSLCL と通信を行ないます。

プラント・商用母線間の母線側遮断器が閉じられて、なおかつ発電機側遮断器も閉じられたなら、5009 は速度／負荷の設定値を最小負荷のレベルまで上げる事によって、電力の逆送や発電機のモータリングが発生する事を防止します。この最小負荷のレベルは速度／負荷設定の設定値に基づいて決定され、デフォルト値は発電機が全負荷の 3%を背負った時の値です。この値は、5009 の PCI で変更可能です。(BREAKER LOGIC · · Min Load Bias = xxx rpm)

同期投入を行なった後、速度／負荷設定増および速度／負荷設定減の接点を使用するか、プログラム時に負荷設定入力に指定された 4-20mA 信号を使用するか、Modbus からコマンドを入力するか、PCI から適当なコマンドを入力する事によって 5009 の発電機負荷設定の値を増減する事ができます。

発電機側遮断器が閉じたなら、混気制御または抽気／混気制御は何時でも有効にする事ができます。混気制御または抽気／混気制御にコンプレッスに移行する為には、(制御モードが切り替わる前に)混気蒸気ラインのトリップ&スロットル・バルブの両側の蒸気圧が一致していなければなりません。5009 では、オペレータが抽気／混気要求信号を手動で操作して、混気蒸気ラインのトリップ&スロットル・バルブのタービン側の蒸気圧を操作する事ができます。このバルブの両側の蒸気圧が一致すると、オペレータはトリップ&スロットル・バルブを手動で開き、抽気／混気制御有効コマンドを入力します。

抽気／混気要求信号増加／減少コマンドや抽気／混気制御有効／無効コマンドは、5009のPCIからでも、外部接点入力からでも、Modbus 端末からでも入力する事ができます。

レットダウン・ステーションをタービンの抽気圧制御のバック・アップとして使用している場合には、5009とレットダウン・ステーションの間で制御の取合いが生じて制御動作が不安定にならないように、レットダウン・ステーションの設定値を、5009の抽気圧力／流量制御の設定値より低くしておかなければなりません。

このようなシステム構成を使用する場合、母線側遮断器接点と発電機側遮断器接点が閉じたなら、(補助PIDによる)インポート／エクスポート電力の制御は何時でも有効にする事ができます。補助制御の機能は、プログラム時に設定された外部接点入力や、Modbus コマンドや、5009のPCIから有効にしたり、無効にしたりする事ができます。補助制御の機能が有効になる以前から、補助制御の設定値はインポート／エクスポート電力のレベルをトラッキングしているので、5009は補助制御モードへの移行をバンプレスに行なう事ができます。補助制御の機能が有効になったなら、補助PIDの設定値を、任意のインポート／エクスポート電力のレベルに設定する事ができます。

5009を上記のように設定すると、母線側遮断器が開いた時に、5009は自動的に周波数制御モードに切り替わります。

例6

アイランド・モードでアイソクロナス負荷分担とタービンの前圧制御を行う

(抽気タービン、前圧デカップリング・モード、HP&LP カップリング・モード)

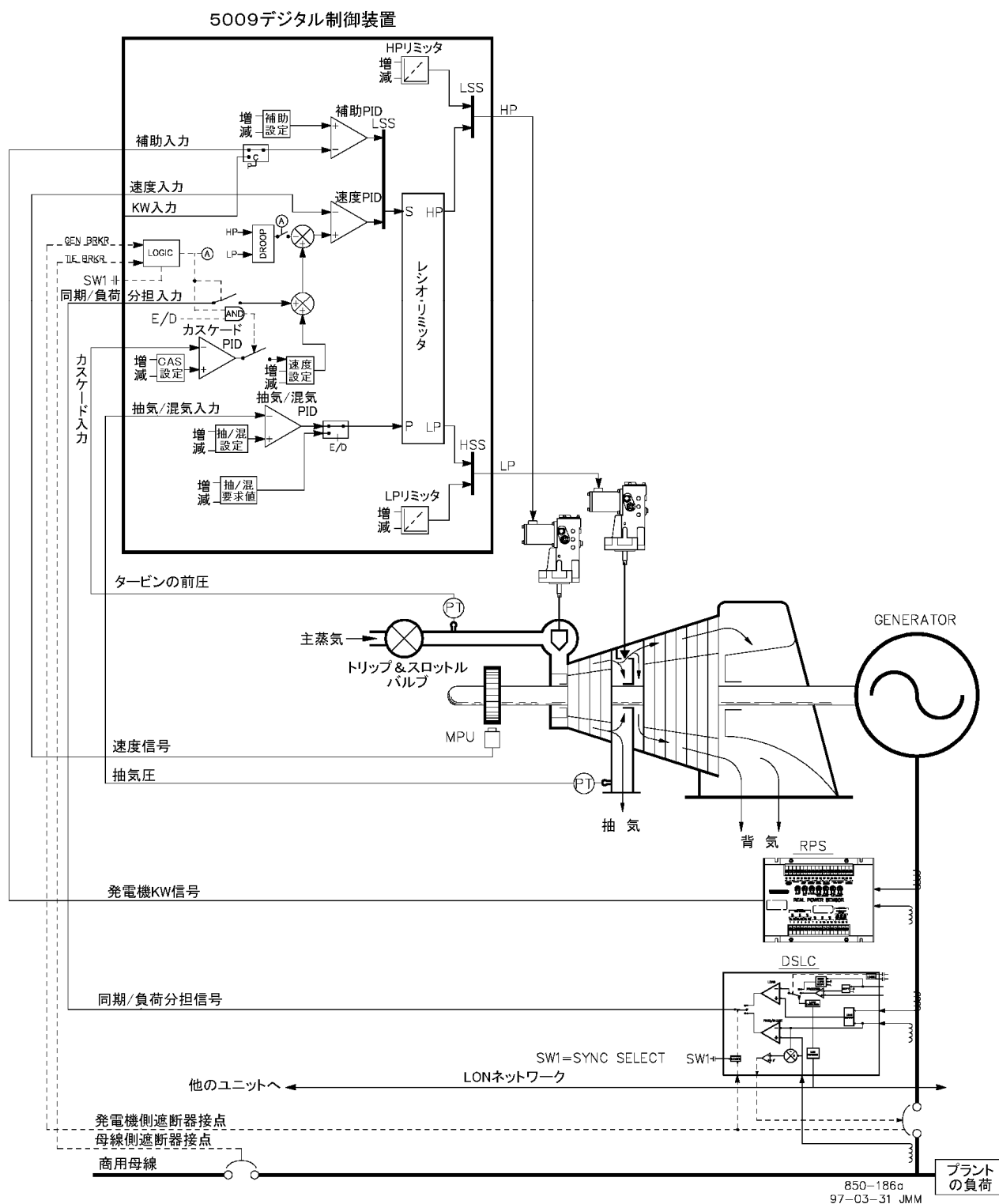


図 4-6. アイランド・モードでアイソクロナス負荷分担とタービンの前圧制御を行う

このアプリケーションでは、商用母線と並列運転を行なう時はタービンの前圧を制御し、商用母線から分離されている時は周波数制御を行なうようにすべきです。このタイプのアプリケーションでは、商用母線と並列運転を行なっている時には、発電機の負荷は工場蒸気の需要に応じて変動し、並列運転を行っていない時には、発電機の負荷はプラント内の電力の需要に応じて変動します。図 4-6 に記載され、以下に説明されているさまざまな機能を全て使用するような制御システムもありますが、全ての機能が必要なわけではない制御システムもあります。

このアプリケーションでは、5009 のカスケード PID でタービンの前圧制御を行ないます。制御システムのオペレータが任意にこの制御機能を有効にしたり無効にしたりする事ができるので、カスケード PID はこのような制御を行なう為の理想的な制御機能です。こうすると、工場蒸気の制御をガバナ・バルブからレットダウン・ステーション (Letdown Station) やタービンのバイパス・バルブに切替えたり、レットダウン・ステーションやタービンのバイパス・バルブからガバナ・バルブに切替えたりすることを、制御システムのオペレータが全く自由に行なう事ができるようになります。

抽気圧制御は抽気／混気 PID によって行われ、この抽気／混気 PID コントローラは、プログラム時の設定に応じて自動でも、手動でも有効にすることができます。ただし、どのような設定になっても、タービン始動時には抽気／混気 PID は無効で、LP バルブは「全開」の位置になっています。これは、タービンを一律の決まった方法で暖機運転する為の配慮です。抽気設定の値は、5009 の PCI や外部接点や 4-20mA 信号や Modbus コマンドによって、変更することができます。

通常運転の場合、発電機負荷の値は 5009 のカスケード PID が制御しているタービン入口ヘッダ部の前圧によって決定されます。このアプリケーションではタービンの負荷が大きく変動する事があるので、発電機を過負荷から保護する為にリミッタ機能を使用します。補助 PID をリミッタとして動作させる事により、発電機の保護を行ないます。

このアプリケーションでは、DSLCL を同期投入とアイソクロナス負荷分担の両方に使用しています。このような制御システムでは、発電機が商用母線と並列運転を行なう時には DSLCL からの信号は無効になり、発電機負荷を設定したり制御したりする際に、5009 の内部の負荷設定や (タービンのヘッダ部の前圧を制御する) カスケード PID の値が参照され、DSLCL からの信号は参照されません。 (母線側遮断器を開いて) プラントを商用母線から切り離すと、DSLCL からの信号は有効になり、カスケード制御の機能は無効になります。そして、5009 の制御モードは、周波数制御／負荷分担モードに切り替わります。

DSLCL が 5009 に対して同期操作を行ったり、負荷分担のレベルを指定したりするには、アナログ信号を使用します。5009 が同期／負荷分担用のアナログ入力信号を使用するようにプログラム時に設定されているならば、この入力信号は、発電機遮断器接点が閉じて母線側遮断器接点が開いた時に、自動的に有効になります。

DSLCL による自動同期投入を行なう場合、発電機側遮断器を閉じる前に DSLCL からの同期／負荷分担の入力信号を有効にする事ができます。この同期投入の機能 (同期入力信号) は、外部の接点入力からでも、Modbus コマンドによってでも、PCI からでも有効にしたり、無効にしたりする事ができます。図 4-6 に示すように、このアプリケーションでは、パネルに装着された DPST (2極単投) スイッチを使用して、DSLCL と 5009 を両方同時に自動同期投入モードに切替えます。他の方法としては、この切替え信号を 5009 のリレーから出力するようにして、Modbus で指定したコマンドを入力した時や、PCI からコマンドを入力した時や、同期投入有効を選択した時や、スピード・スイッチが指定したレベルに到達した時に、このリレーが励磁されるように PROGRAM モードで設定する事ができます。

5009 の PID に関連する設定値は全て、プログラム時に設定された増加／減少の接点入力、4-20 mA 入力信号、Modbus からのコマンド入力、および PCI から変更する事ができます。

タービン制御システム設計担当のエンジニアが、図 4-6 のようなリミッタ機能付きの制御機能を有する 5009 を組み込んだ制御システムを設計する時には、以下に示す注意事項に留意しつつ行なってください。

例6の場合の始動方法と運転モード。タービンの始動からアイドル速度または最小速度設定までの増速は、自動(オートマチック・モード)、半自動(セミオートマチック・モード)、手動(マニュアル・モード)のどれかで行なう事ができます。アイドル/定格速度の機能またはオート・スタート・シーケンスの機能のどちらかがプログラムで設定されていれば、アイドル速度または最小速度設定から定格速度まで速度設定を増加させて行く時に、速度設定の増加はこのどちらかの機能に基づいて行われます。この機能を PROGRAM モードで使用するよう設定していない場合は、オペレータが手動で速度設定増のコマンドを 5009 に入力して、タービン速度を任意の速度まで増速します。

タービン発電機ユニットが始動して、定格速度で運転されている時に、発電機を母線に、自動でも、手動でも、同期投入する事ができます。オペレータは、自動同期投入選択スイッチ(図 4-6 の SW1)を閉じる事により、自動同期投入を開始します。このスイッチが閉じられると、5009 への同期/負荷分担入力信号が有効になり、DSLCL の自動同期投入の機能が選択されます。

同期投入が終わると、発電機負荷がどうゆう値を取るかは、母線側遮断器接点の状態に応じて決まります。母線側遮断器接点が閉じている時には、発電機負荷の値は 5009 内部の負荷設定によって決まります。また、この時、(タービン入口)ヘッダ部の前圧制御(カスケード制御)の機能が有効であれば、発電機負荷は前圧制御によって決定されます。母線側遮断器接点が開いていれば、発電機負荷は DSLCL によって決定されます。DSLCL は、様々な負荷制御モードで動作するように設定する事ができます。このアプリケーションでは、プラントが商用母線から切り離されている時は、DSLCL はアイソクロナス負荷分担モードでのみ使用されます。

このプラントでは、4基のタービン発電機ユニットにそれぞれ DSLCL が接続されており、プラント・商用母線間の遮断器が開く事によってこれらの DSLCL は一斉に周波数制御モードに切り替わり、負荷分担を行なう為にデジタル・エシユロン・ネットワークを通じてプラント内の他の DSLCL と通信を行ないます。こうして、プラント内の母線の周波数は、プラント内の全てのタービン発電機ユニットの運転状態によって決定され、4基の発電機がプラント全体の負荷を各発電機に指定された割合で分担する事になります。このようなシステムでは、プラント内の母線の周波数は、4基のタービン発電機ユニットの周波数の平均になります。5009 には、母線側遮断器が開いた瞬間に、各 5009 の周波数制御の設定値を「定格速度」の設定値に一斉にリセットする機能がありますので、これを使用してプラント内の全てのタービン発電機をの速度を、一斉に同期投入速度に設定し直す事ができます。DSLCL の周波数トリマ機能を使用して、プラント内の母線の周波数を任意の周波数に保持する事もできます。

カスケード制御(によるタービン入口ヘッダ部の前圧制御)は、母線側遮断器接点と発電機側遮断器接点が閉じた時には、いつでも有効にする事ができます。カスケード制御の機能は、PROGRAM モードで指定された接点入力や、Modbus からのコマンド入力や、PCI から有効にする事ができます。カスケード制御が有効になった時に、タービン入口ヘッダ部の前圧の実際の値がカスケード設定の値と一致しなければ、このふたつの値が一致するまで、5009 はタービン発電機負荷を「低速速度設定変更レート」で自動的に増加または減少させます。そしてカスケード PID が「制御中」の状態になったならば、「低速速度設定変更レート」の制限はなくなり、5009 はこれ以上のレートで発電機負荷を増減する事ができます。5009 のレシオ/リミッタ機能は、カスケード制御が無効になった時は「HP&LP カップリング・モード」で動作し、カスケード制御が有効になった時は「前圧デカップリング・モード」で動作します。

この例では、5009 の抽気制御の機能は自動的に有効にできるように設定されているので、オペレータは抽気制御の機能を、自動的にでも、手動操作によっても有効にする事ができます。抽気制御の機能を手動で有効にするには、オペレータが 5009 の PCI や外部接点や Modbus コマンドから「LP バルブ・リミッタ減少コマンド」を入力します。抽気制御の機能を完全に有効にする為には、LP バルブ・リミッタの値を最小にしなければなりません。

自動抽気制御有効ルーティンが動作し始めると、自動的に LP バルブ・リミッタの値を減少して行きます。このルーティンは、5009 の PCI や外部接点や Modbus からコマンドを入力する事によって始動させる事ができます。このルーティンは、LP バルブ・リミッタの値を自動的に最小位置まで漸減させて行きますが、(リミッタの値がランプしている時に) 一瞬 LP バルブ・リミッタ増加／減少コマンドを入力する事によって、いつでもそのランプ動作を停止させる事ができます。自動抽気制御有効ルーティンを1度停止させた後で再び始動するには、まず抽気／混気制御有効／無効を無効にした後で再び有効にするか、もしくは、オペレータが、一旦停止したルーティンを手動で再始動させます。(タービン背圧／出口流量制御を無効にする事は、自動でも、手動でも行なう事ができます。)

レットダウン・ステーションをタービンの背圧制御のバック・アップとして使用している場合には、5009 とレットダウン・ステーションの間で制御の取合いが生じて制御動作が不安定にならないように、レットダウン・ステーションの設定値を、5009 の抽気制御の設定値より低くしておかなければなりません。

このアプリケーションでは、補助制御の機能はリミッタとして使用されるように PROGRAM モードで設定され、母線側遮断器と発電機側遮断器が両方共閉じた時に、この機能は自動的に有効になります。母線と並列運転を行なう時には、ヘッダ部の前圧の要求値やタービン制御システムが要求する他の条件を満たす為に、発電機が背負う負荷がその上限を越えるような事がある場合、発電機が背負う負荷を指定したレベル以下に制限する為に、ガバナ・バルブの制御は他の PID から補助 PID に引き継がれます。制御システムの要求に応じて、発電機負荷が補助制御の設定値より下がったならば、発電機負荷の制御は再びカスケード PID や速度 PID に移ります。

例7

アイランド・モードでアイソクロナス負荷分担とインポート／エクスポート電力、または背圧の制御を行う

(抽気タービン、背圧デカップリング・モード、HP&LP カップリング・モード)

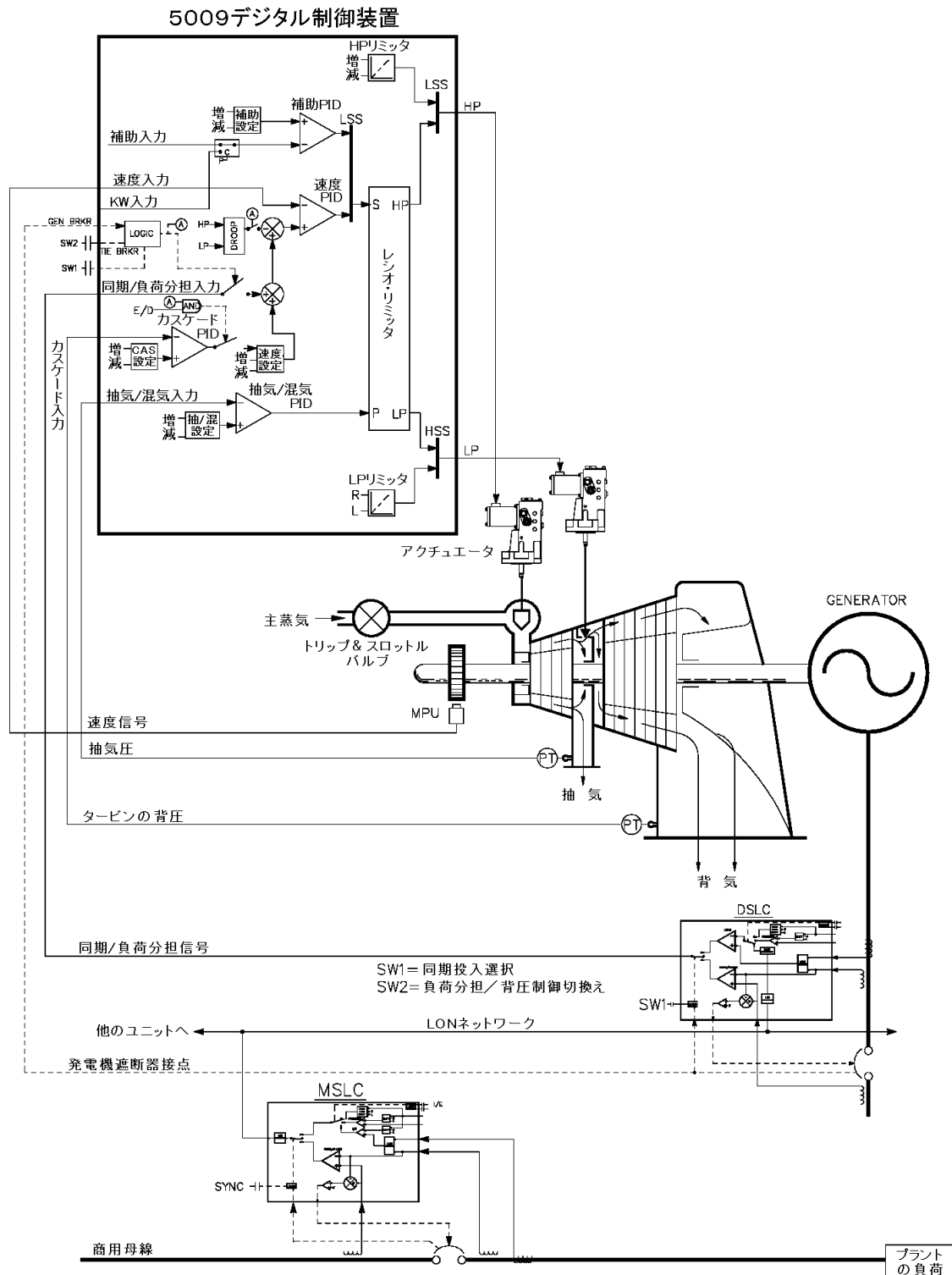


図 4-7. アイランド・モードでアイソクロナス負荷分担とインポート／エクスポート電力または背圧の制御を行う

このアプリケーションでは、複数の 5009 が複数のタービン発電機ユニットを制御し、各タービン発電機ユニットはその時の運転状態やそのユニットの調子の良し悪しに応じて、それぞれ別個のパラメータを制御しながら、運転する事ができます。通常の運転では、1台のユニットで(タービンの背圧制御機能を使用して)プラント内の工場蒸気の制御を行い、他のユニットはプラントの現在の電力需要に見合った電力を供給する事により、インポート／エクスポート電力を制御します。

図 4-7 に記載され、以下に説明されているさまざまな機能を全て使用するような制御システムもあります。また、全ての機能が必要なわけではない制御システムもあります。

このアプリケーションでは、発電システムのその時の状態に基づいて、1番調子の良いタービン発電機ユニットがプラント内の工場蒸気を制御する為に使用されます。他のユニットは、プラントのエクスポート電力のレベルを 5MW に保持する為に使用されます。

各ユニットの制御パネルには運転モード切換えスイッチが付いており、オペレータはこのスイッチで3つのモードのどれかを選択します。3つのモードとは、マニュアル負荷制御モード(タービン発電機ユニットの負荷を手動操作で入/切する)とプラント・プロセス・スチーム制御モード(タービンの背圧制御)と負荷分担モード(プラントのインポート/エクスポート電力の制御や発電機の負荷分担を行なう)の事です。

モード切換えスイッチをマニュアル負荷制御モードに設定すると、タービン発電機ユニットの負荷は、5009 内部の負荷設定により決まってきます。このモードを使用すると、タービン発電機の負荷を手動で任意のレベルに設定する事ができます。

モード切換えスイッチをプラント・プロセス制御モードにすると、5009 はカスケード制御機能を使用して、タービンの背圧制御を行ないます。制御システムのオペレータが好きな時にこの制御機能を有効にしたり無効にしたりする事ができるので、カスケード制御はこのような目的に使用する理想的な制御機能です。こうすると、工場蒸気の制御をガバナ・バルブからレットダウン・ステーション (Letdown Station) やタービンのバイパス・バルブに切替えたり、レットダウン・ステーションやタービンのバイパス・バルブからガバナ・バルブに切替えたりすることを、制御システムのオペレータが全く自由に行なう事ができるようになります。

このアプリケーションでは、弊社の DSLC と MSLC を使用して、これらの装置が互いに通信を行いながら、プラント内の負荷の分担やプラントからのエクスポート電力の制御を行なっています。DSLC は、各タービン発電機ユニットに装着されて、同期投入と負荷分担の両方に使用されます。MSLC (マスタ・シンクロナイザ & ロード・コントロール) は1台だけ接続され、プラントの構内母線を商用母線に同期投入したり、インポート/エクスポート電力を制御する為に使用します。MSLC は、プラント・商用母線間の遮断器が閉じている時には、各ユニットの(負荷分担モードで動作している) DSLC の負荷設定の値を操作する事によって、プラントのエクスポート電力の制御を行います。プラント・商用母線間の遮断器が開いている時には、MSLC は DSLC に対して特に何の影響も及ぼさなくなり、負荷分担モードで動作している各 DSLC がプラント内の負荷を分担する為に、LON ネットワークを通じて互いに通信するだけになります。

抽気圧制御は、抽気/混気 PID によって行われ、この抽気/混気 PID コントローラは、PROGRAM モードでの設定に応じて自動でも、手動でも有効にする事ができます。ただし、どのような設定になっても、タービン始動時には抽気/混気 PID は無効で、LP バルブは「全開」の位置になっています。これは、タービンを一律の決まった方法で暖機運転する為の配慮です。このアプリケーションでは、抽気/混気設定は 5009 の PCI か、Modbus コマンドによってのみ変更できます。PROGRAM モードで正しく設定すれば、外部接点や 4-20mA 信号によって、抽気/混気設定の値を変更する事もできるようになります。

DSLC が 5009 と信号のやり取りを行なう場合、(速度バイアス出力の)アナログ信号を使用します。5009 が同期/負荷分担用のアナログ入力信号を使用するように PROGRAM モードで設定しているならば、このアナログ入力信号は、発電機側遮断器接点が閉じて母線側遮断器接点が開いた時に、自動的に有効になります。

DSLC による自動同期投入を行なう際に、発電機側遮断器を閉じる前に DSLC からの同期/負荷分担入力信号を有効にする事ができます。この同期投入機能(同期入力信号)は、外部の接点入力からでも、Modbus のコマンド入力によってでも、PCI からでも有効にしたり、無効にしたりする事ができます。

図 4-7 に示すように、このアプリケーションでは、パネルに装着された DPST (2極単投) スイッチを使用して、DSLCL と 5009 を両方同時に自動同期投入モードに切替えます。他の方法としては、この切替え信号を 5009 のリレーから出力するようにして、Modbus から指定したコマンドを入力した時、または同期投入有効を選択した時、またはスピード・スイッチが指定したレベルに到達した時に、このリレーが励磁されるように PROGRAM モードで設定する事ができます。

5009 の PID に関連する設定値は全て、PROGRAM モードで設定された増加／減少の接点入力、PROGRAM モードで設定された 4-20mA 入力信号、Modbus のコマンド入力、および PCI から変更する事ができます。

タービン制御システム設計担当のエンジニアが、図 4-7 のようなリミッタ機能付きの制御機能を有する 5009 を組み込んだ制御システムを設計する時には、以下に示す注意事項に留意しつつ行なってください。

例7の場合の始動方法および運転モード： タービンの始動からアイドル速度または最小速度設定までの増速は、自動(オートマチック・モード)、半自動(セミオートマチック・モード)、手動(マニュアル・モード)のいずれかで行なう事ができます。アイドル／定格速度の機能またはオート・スタート・シーケンスの機能が PROGRAM モードで設定されていれば、タービン始動後にアイドル速度または最小速度設定から定格速度まで速度設定を増加させて行く時に、この機能のどちらかが使用されます。この機能を PROGRAM モードで使用するよう設定していない場合は、オペレータが手動で速度設定増のコマンドを 5009 に入力して、タービン速度を任意の速度まで増速します。

タービン発電機ユニットが始動して、定格速度で運転している時に、発電機を母線に、自動でも、手動でも、同期投入する事ができます。オペレータは、自動同期投入選択スイッチ(図 4-7 の SW1)を閉じる事により、自動同期投入を開始します。このスイッチが閉じられると、5009 への同期入力信号が有効になり、DSLCL の自動同期投入の機能が選択されます。

制御システムをこのように構成した場合、制御システムの運転モードは、SW2 をどのように設定したかによります。SW2 が負荷分担モードになっておらず、発電機側遮断器が閉じている場合は、発電機負荷は、もしカスケード制御の機能が有効になっていればカスケード制御 PID によって、そうでなければ 5009 内部の速度／負荷設定によって決められます。発電機側遮断器が閉じられると、5009 は速度もしくは負荷の設定値を最小負荷のレベルまで上げる事によって、電力の逆送や発電機のモータリングが発生する事を防止します。この最小負荷のレベルは速度／負荷設定の設定値に基づいて決定され、デフォルト値は発電機が全負荷の 3% を背負った時の値です。この値は、5009 の PCI、もしくは Modbus コマンドから変更可能です。

同期投入を行なった後、速度／負荷設定増および速度／負荷設定減の接点を使用するか、プログラム時に負荷設定入力に指定された 4-20mA を使用するか、Modbus からコマンドを入力するか、5009 の PCI から適当なコマンドを入力する事によって 5009 の負荷設定を操作する事ができます。

このアプリケーションでは、レシオ・リミッタは背圧デカップリング・モードで動作しますので、(LP バルブを操作して制御を行なう)タービン背圧の制御を始める前に (LP バルブ・リミッタを最小位置まで減少させる事によって) 抽気制御を有効にすべきです。そして、(LP バルブ・リミッタの値を増加して) 抽気制御を無効にする前にカスケード制御を無効にすべきです。この手順に従って操作を行なうと、ある制御モードから別の制御モードにバンプレスに移行する事ができます。5009 のレシオ・リミッタは、カスケード制御機能が無効である時には HP&LP カップリング・モードで動作し、カスケード制御機能が有効である時には背圧デカップリング・モードで動作します。

この例では、5009の抽気制御の機能は自動的に有効にできるように設定されているので、オペレータは抽気制御の機能を、自動的にでも、手動操作によってでも有効にすることができます。抽気制御の機能を手動で有効にするには、オペレータが5009のPCIや接点入力やModbus端末からLPバルブ・リミッタ減少コマンドを入力します。抽気制御の機能を完全に有効にするためには、LPバルブ・リミッタの値を最小にしなければなりません。

自動抽気制御有効ルーティンが動作し始めると、自動的にLPバルブ・リミッタの値を減少して行きます。このルーティンは、5009のPCIや外部接点やModbusコマンドの入力によって始動させる事ができます。このルーティンは、LPバルブ・リミッタの値を最小位置までランプさせて行きますが、(リミッタの値がランプしている時に)一瞬LPバルブ・リミッタ増加/減少コマンドを入力する事によって、いつでもそのランプ動作を停止させる事ができます。自動抽気制御有効ルーティンを1度停止させた後で再び始動するには、まず抽気/混気制御有効/無効を無効にした後で再び有効にするか、もしくは、オペレータが、一旦停止したルーティンを手動で再始動させます。(タービン背圧/出口流量制御を無効にする事は、自動でも、手動でも行なう事ができます。)

(タービンの背圧を制御する)カスケード制御の機能は、母線側遮断器接点と発電機側遮断器接点が閉じている時であれば、いつでも有効にすることができます。カスケード制御の機能を有効にするには、プログラム時に指定した外部接点を閉じたり、Modbusからコマンドを入力したり、5009のPCIを使用して行います。背圧の制御をレットダウン・ステーション(による制御)から5009のカスケード制御に切換えるには、次のいずれかの方法によって行います。カスケード制御の機能を有効にしつつ、レットダウン・ステーションの設定値を後退(back down)させるか、カスケード制御の機能を有効にしてカスケード設定の値を増加させるかの、どちらかです。レットダウン・ステーションをタービンの背圧制御のバック・アップとして使用している場合には、5009とレットダウン・ステーションの間で制御の取合いが生じて制御動作が不安定にならないように、レットダウン・ステーションの設定値を、5009の背圧制御の設定値より低くしておかなければなりません。

タービンの背圧の制御を5009のカスケードPIDで行なうように切替えてから、レットダウン・ステーションやタービンのバイパス・バルブを閉じるか、制御を手動モードに切換えなければなりません。こうすると、(5009のカスケードPIDと制御システムのレットダウン・ステーションの)ふたつの制御装置がひとつのパラメータの制御に関して互いに干渉し合っ、システムの動作が不安定になる事はありません。タービンのバイパス・バルブとタービンの両方を通過する蒸気流量が(タービン出口の)ヘッダ部の蒸気流量の要求を満足しなければならない時は、制御を安定させる為にどちらかの制御ループにドループの機能を設定しなければなりません。

SW2を切換えて負荷分担を選択すると、DSLCは5009が背負う負荷を、MSLCの負荷設定もしくは、DSLCの負荷分担回路により決定される負荷設定に向かってゆっくりとランプさせます。どちらにランプさせるかは、母線側遮断器接点が開いているか、閉じているかによります。MSLCは、負荷分担モードで運転されている全てのタービン発電機ユニットの負荷設定を一律にベース・ロード(基底負荷)にする事もできますし、その時のプラントのインポート/エクスポート電力の設定値に基づいて、各発電機に対して、指定した割合の負荷を背負わせながら運転する事もできます。

このアプリケーションでは、通常運転を行なう場合には、1台のタービン発電機ユニットでプラント内の工場蒸気の制御を行い、他のユニットは全て、MSLCが指定するプラント全体のKW負荷を背負う為に、負荷分担モードで運転されます。プラント内の母線を商用母線から切り離すと、MSLCはDSLCに対する制御を一切行なわなくなり、負荷分担を行なっている全てのタービン発電機ユニットがプラント内の全負荷と一緒に背負う事になります。必要であれば、MSLCを再び動作させる事により、プラント内の母線を商用母線に同期させて、プラント・商用母線間の遮断器を閉じる事もできます。(プラント・商用母線間の)同期投入が終わると、MSLCはその時選択された運転モードに応じて、プラント全体の発電機出力を指定したエクスポート電力のレベルまで増加させるか、プラント全体の負荷をベース・ロードの設定値まで増加させていきます。

弊社の DSLC は、タービン発電機ユニットのオートマチック・ボルテッジ・レギュレータと直接信号をやり取りする事ができます。それゆえ、DSLC を装備したタービン発電機ユニットは、実電力だけでなく、無効電力の制御も分担して行なう事ができます。このような制御システムでは、プラント・商用母線間の遮断器が閉じた時に、MSLC でプラント全体の力率の制御を行なう事もできます。

例8

発電機出力の制限を行いながら、タービンの前圧と背圧の制御を行う

(抽気タービンのみ、HP&LP デカプリング・モード)

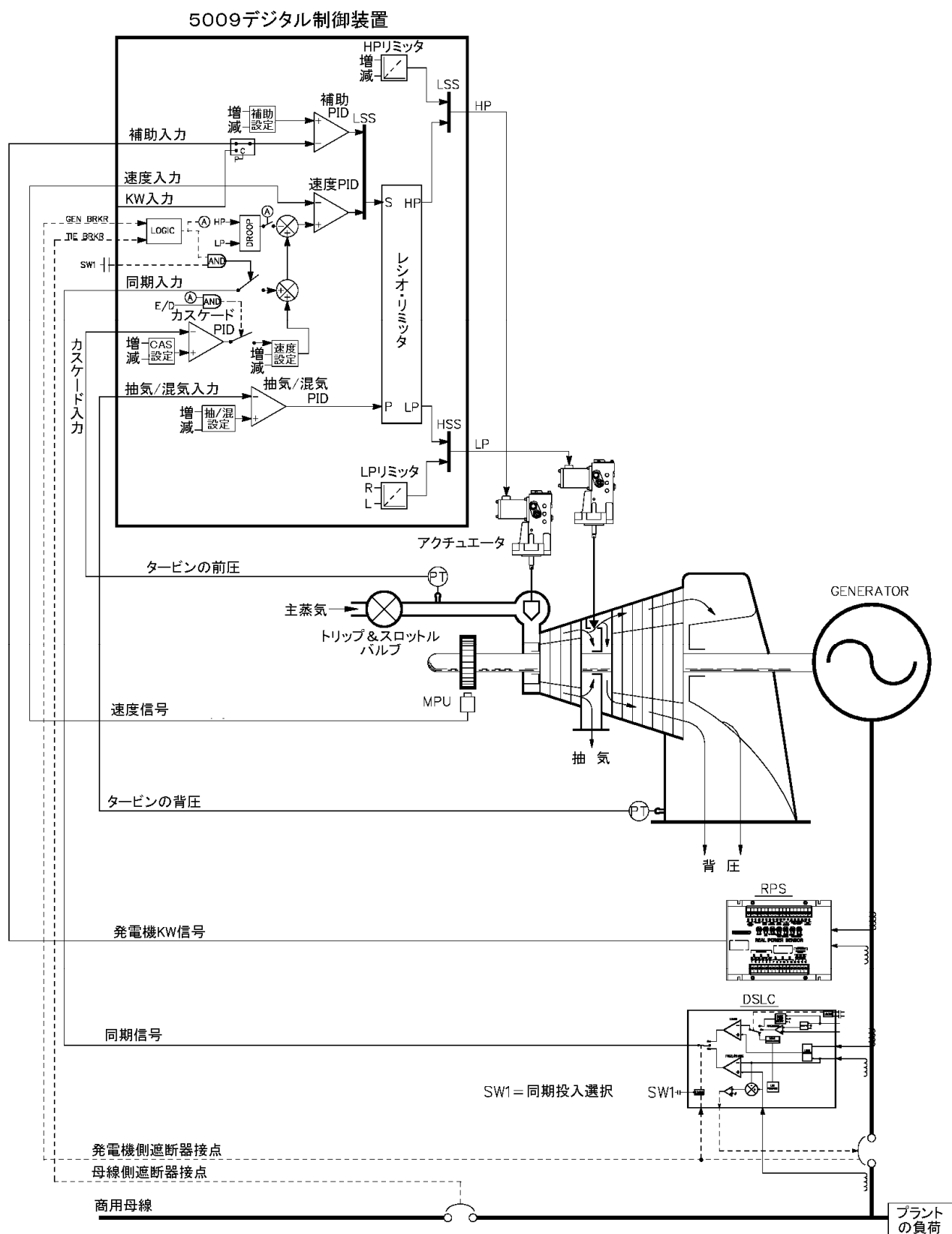
850-188a
97-03-31 JMM

図 4-8. 発電機出力を制限しながら、タービンの前圧と背圧の制御を行う

これは、タービンの高圧蒸気ラインのヘッダ部の前圧と低圧蒸気ラインのヘッダ部の背圧を 5009 で制御し、抽気ラインのヘッダ部の蒸気圧をレットダウン・ステーションで制御したい場合に普通に使用される、タービン発電機ユニットの制御システムの例です。このタイプのアプリケーションでは、タービンの負荷は工場蒸気の需要に応じて変動します。このアプリケーションでは、補助制御モードとカスケード制御モードが両方共使用されます。図 4-8 に記載され、以下に説明されているさまざまな機能を全て使用するような制御システムもありますが、全ての機能が必要なわけではない制御システムもあります。

このアプリケーションでは、5009 のカスケード PID でタービンのヘッダ部の前圧制御を行ないます。制御システムのオペレータが好きな時にこの制御機能を有効にしたり無効にしたりする事ができるので、カスケード PID は、このような制御を行なう為の理想的な制御機能です。こうすると、工場蒸気の制御をガバナ・バルブからレットダウン・ステーションやタービンのバイパス・バルブに切替えたり、レットダウン・ステーションやタービンのバイパス・バルブからガバナ・バルブに切替えたりすることを、制御システムのオペレータが全く自由に行なう事ができるようになります。

通常運転の場合、発電機負荷の値は 5009 のカスケード PID が制御しているタービン・ヘッダ部の前圧によって決定されます。このアプリケーションではタービンの負荷が大きく変動する事があるので、発電機を過負荷から保護する為にリミッタ機能を使用しなければなりません。補助 PID をリミッタとして動作させる事により、発電機を保護します。補助 PID をリミッタとして使用する様に PROGRAM モードで設定し、リアル・パワー・センサの発電機負荷信号を補助 PID の制御パラメータとして使用する事によって、発電機が運転時に背負う負荷を制限します。

タービンの背圧は、抽気／混気 PID によって制御されますが、この抽気／混気 PID コントローラは、PROGRAM モードでの設定に応じて自動でも、手動でも有効にする事ができます。ただし、どのような設定になっていても、タービン始動時には抽気／混気 PID は無効で、LP バルブは「全開」の位置になっています。これは、タービンを一律の決まった方法で暖機運転する為の配慮です。このアプリケーションでは、抽気設定は 5009 の PCI か、Modbus コマンドからしか変更できません。PROGRAM モードで正しく設定すれば、接点入力や 4-20mA 信号によって、抽気設定の値を増減する事ができるようになります。

このアプリケーションでは、DSLC を同期投入だけに使用しています。DSLC は 5009 にアナログ信号を出力するので、5009 で DSLC からの信号を受ける為のアナログ入力端子を指定しておかなければなりません。PROGRAM モードで同期投入の為の入力端子と機能を設定したならば、DSLC からの速度バイアス信号を、外部接点からでも、Modbus 端末からでも、5009 の PCI からでも「受付け可能」にする事ができます。図 4-8 に示すように、このアプリケーションでは 5009 と DSLC の同期投入を自動で行なう時に、パネルに装着された DPST (2極単投) スイッチを使用して同時にモードの切替えを行ないます。他の方法としては、この切替え信号を 5009 のリレーから出力するようにして、Modbus で指定したコマンドを入力した時、または同期投入有効を選択した時、またはスピード・スイッチが指定したレベルに到達した時に、このリレーが励磁されるように PROGRAM モードで設定する事ができます。

5009 の PID に関連する設定値は全て、プログラム時に設定された増加／減少の接点入力、プログラム時に設定された 4-20mA 入力信号、Modbus からのコマンド入力、および 5009 の PCI により変更する事ができます。

タービン制御システム設計担当のエンジニアが、図 4-8 のようなリミッタ機能付きの制御機能を有する 5009 を組み込んだ制御システムを設計する時には、以下に示す注意事項に留意しつつ行なってください。

例8の場合の始動方法および運転モード： タービンの始動からアイドル速度または最小速度設定までの増速は、自動(オートマチック・モード)、半自動(セミオートマチック・モード)、手動(マニュアル・モード)のいずれかでこなすことができます。アイドル/定格速度の機能またはオート・スタート・シーケンスの機能がプログラムされていれば、タービン発電機ユニット始動後、アイドル速度または最小速度設定から定格速度まで速度設定を増加させて行く時に、このどちらかの機能が使用されます。この機能を **PROGRAM** モードで使用するよう設定していない場合は、オペレータが手動で速度設定増のコマンドを **5009** に入力して、タービン速度を任意の速度まで増速します。

タービン発電機ユニットが始動して、定格速度で運転されている時に、母線に対する発電機の同期投入を、自動で行なう事もできれば手動で行なう事もできます。オペレータは、自動同期投入選択スイッチ(図 4-8 の SW1)を閉じる事により、自動同期投入を開始します。このスイッチが閉じられると、**5009** への同期入力信号が有効になり、**DSL**C は自動同期投入を実行します。

プラント-商用母線間の母線側遮断器が閉じており、なおかつ発電機側遮断器も閉じているなら、**5009** は速度もしくは負荷の設定値を最小負荷のレベルまで上げる事によって、電力の逆送や発電機のモータリングが発生する事を防止します。この最小負荷のレベルは(同期投入時の)速度/負荷設定の値を基準にして決定され、デフォルト値は発電機が全負荷の 3%を背負った時の値(rpm 表示)です。このデフォルト値は、**5009** の **PCI**、または **Modbus** コマンドで調整・変更可能です。(Breaker Logic ·· Min Load Bias = xxx rpm)

同期投入を行なった後、速度/負荷設定増および速度/負荷設定減の接点入力を使用するか、**PROGRAM** モードで負荷設定入力に指定された 4-20mA のアナログ信号を使用するか、**Modbus** からコマンドを入力するか、**5009** の **PCI** で適当なコマンドを入力する事によって **5009** の負荷設定の値を増減する事ができます。この負荷制御モードは、タービンの負荷をゆっくり増加させて、レットダウン・ステーションやバイパス・バルブから **5009** に制御を引き継ぐ時に使用します。

(タービン入口ヘッダ部の前圧を制御する)カスケード制御の機能は、母線側遮断器と発電機側遮断器が閉じている時であれば、外部接点からでも、**Modbus** からのコマンドによってでも、**PCI** からでも、有効にする事ができます。この場合、カスケード制御の機能が有効になった時点で、測定されたヘッダ部の前圧と設定値が一致するはずですから、**5009** の制御モードは、「ヘッダ部の前圧制御」にシームレスに移行する事ができるはずです。オペレータは、カスケード制御が有効になった後で、カスケード設定の値を増減する事ができます。

この例では、**5009** の抽気制御の機能は自動的に有効にできるように設定されているので、オペレータは抽気制御の機能を、自動でも、手動でも有効にする事ができます。抽気制御の機能を手動で有効にするには、オペレータが **5009** の **PCI** や外部接点や **Modbus** 端末から **LP** バルブ・リミッタ減少コマンドを入力します。抽気(背圧/出口流量)制御の機能を完全に有効にする為には、**LP** バルブ・リミッタの値を最小にしなければなりません。

自動抽気制御有効ルーティンは、**5009** の **PCI** や外部接点や **Modbus** からコマンドを入力する事によって始動させる事ができます。このルーティンが動作し始めると、自動的に **LP** バルブ・リミッタの値を最小位置まで漸減させますが、(リミッタの値がランプしている時に)一瞬 **LP** バルブ・リミッタ増加/減少コマンドを入力する事によって、いつでもそのランプ動作を停止させる事ができます。自動抽気制御有効ルーティンを1度停止させた後で再び始動するには、まず抽気/混気制御有効/無効を無効にした後で再び有効にするか、もしくは、オペレータが、一旦停止したルーティンを手動で再始動させます。(タービン背圧/出口流量制御は、自動でも、手動でも無効にする事ができます。)

レットダウン・ステーションをタービンの抽気圧制御のバック・アップとして使用している場合には、5009とレットダウン・ステーションの間で制御の取合いが生じて制御動作が不安定にならないように、レットダウン・ステーションの設定値を、5009の抽気圧力／流量制御の設定値より低くしておかなければなりません。

このアプリケーションでは、補助制御の機能はリミッタとして使用されるようにプログラムで設定され、母線側遮断器と発電機側遮断器が両方共閉じた時に、この機能は自動的に有効になります。母線と並列運転を行なう時に、タービン・ヘッド部の前圧の要求値やタービン制御システムが要求する他の条件を満たす為に、発電機が背負う負荷がその上限を越えそうになった場合、発電機が背負う負荷を設定したレベル以下に制限する為に、ガバナ・バルブの制御は他のPIDから補助PIDに引き継がれます。そして、発電機システムの状態が変化して、発電機出力に対する要求値が下がり、ガバナ・バルブ出力が補助設定の値より低くなったならば、カスケードPIDは、再び速度PIDを通して発電機負荷を制御するようになります。

例9

ブートストラップ始動を行う混気タービンを制御する

(混気タービン、HP&LP カップリング・モード)

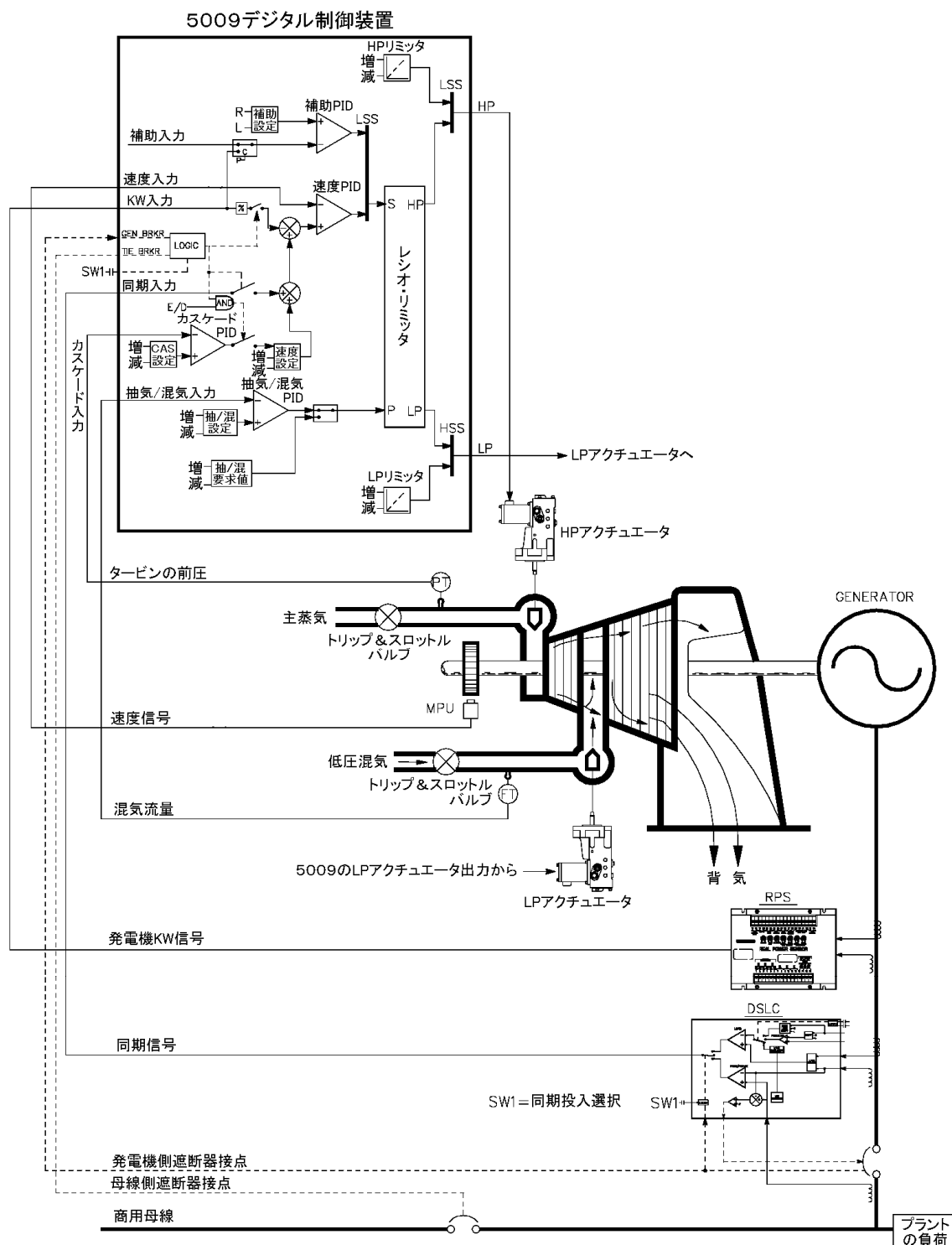


図 4-9. ブートストラップ始動を行う混気タービンを制御する

これは、タービン発電機の負荷とタービンへの混気蒸気流量が指定した値になるように制御したい場合に普通に使用される、タービン発電機ユニットの制御システムの例です。しかし、このアプリケーションでは、精製工場の準備運転が完了して、タービン入口に高圧の主蒸気が供給されるようになるまで、タービンを低圧の混気蒸気で運転しなければなりません。図 4-9 に記載され、以下に説明されているさまざまな機能を全て使用するような制御システムもありますが、全ての機能が必要なわけではない制御システムもあります。

このアプリケーションでは、リアル・パワー・センサで発電機負荷を検出して、この発電機負荷信号で 5009 の速度／負荷 PID を操作する事により発電機負荷を制御したり、負荷に上限を設定したりします。

このアプリケーションでは、システム・シャットダウン時に、外部トリップ・バルブまたはトリップ&スロットル・バルブを閉じれば、タービンへの混気蒸気が完全に遮断されなければなりません。

混気圧制御は混気 PID によって行われます。オペレータは、抽気／混気 PID を有効にする前に、手動でタービン内部の蒸気圧や蒸気流量に関連する設定値を調整して、混気ラインのトリップ&スロットル・バルブの両側の蒸気圧を一致させます。混気ラインのトリップ&スロットル・バルブの両側の蒸気圧が一致した後で、オペレータは混気制御機能を手動で有効にします。混気設定の値は、5009 の PCI や Modbus からのコマンドによって、変更する事ができます。

このアプリケーションでは、DSLCL を同期投入だけに使用しています。DSLCL は 5009 にアナログの速度バイアス信号を出力するので、5009 で DSLCL からの信号を受ける為のアナログ入力端子を設定しておくなければなりません。同期投入の為の入力端子と機能を PROGRAM モードで設定したならば、DSLCL からの速度バイアス信号を有効にするのは、外部接点からでも、Modbus コマンドによってでも、5009 の PCI からでも行なう事ができます。図 4-9 に示すように、このアプリケーションでは 5009 と DSLCL の同期投入を自動で行なう時に、パネルに装着された DPST (2 極単投) スイッチを使用してモードの切替えを行ないます。

5009 の PID に関連する設定値は全て、プログラム時に設定された増加／減少の接点入力、プログラム時に設定された 4-20mA 入力信号、Modbus からのコマンド入力、および PCI から変更する事ができます。

タービン制御システム設計担当のエンジニアが、図 4-9 のようなリミッタ機能付きの制御機能を有する 5009 を組み込んだ制御システムを設計する時には、以下に示す注意事項に留意しつつ行なってください。

例9の場合の始動方法および運転モード： タービンの始動からアイドル速度または最小速度設定までの増速は、自動(オートマチック・モード)、半自動(セミオートマチック・モード)、手動(マニュアル・モード)で行なう事ができます。このような制御システムで、タービンを半自動で始動する時には、混気ラインのトリップ&スロットル・バルブを開く前に、手動で LP バルブ・リミッタの値を 0% まで下げておかねばなりません。

アイドル／定格速度の機能またはオート・スタート・シーケンスの機能がプログラムされていれば、アイドル速度または最小速度設定から定格速度まで速度設定を増加させて行く時に、このどちらかの機能が使用されます。この機能を使用するように設定していない場合は、オペレータが手動で速度設定増のコマンドを 5009 に入力して、タービン速度を任意の速度まで増速します。

タービン発電機ユニットを始動して、定格速度で運転している時に、母線に対する発電機の同期投入を、自動で行なう事もできれば手動で行なう事もできます。オペレータは、自動同期投入選択スイッチ(図 4-9 の SW1)を閉じる事により、自動同期投入を開始します。このスイッチが閉じられると、5009 への同期入力信号が有効になり、DSLCL は自動同期投入を実行します。

DSLCは、位相合わせによる同期投入でも、滑り周波数による同期投入でも行なう事ができます。そして、同期投入の前に、オートマチック・ボルテッジ・レギュレータを操作して母線と発電機の電圧を合わせます。DSLCは、無電圧母線 (dead bus) に対する投入を安全に行なう為に、LAN 上でデジタル・エシユロン・ネットワークを通じてプラント内の他の DSLC と通信を行ないます。

プラント・商用母線間の母線側遮断器が閉じられて、なおかつ発電機側遮断器も閉じられたなら、5009 は速度もしくは負荷の設定値を最小負荷のレベルまで上げる事によって、電力の逆送や発電機のモータリングが発生する事を防止します。この最小負荷のレベルは(同期投入時の)速度／負荷設定の値を基準にして決定され、デフォルト値は発電機が全負荷の 3%を背負った時の値です。このデフォルト値は、5009 の PCI、または Modbus コマンドから調整・変更可能です。

(Breaker Logic ·· Min Load Bias = xxx rpm)

同期投入を行なった後、速度／負荷設定増および速度／負荷設定減の外部接点を使用するか、PROGRAM モードで負荷設定入力に指定された 4-20mA のアナログ信号を使用するか、Modbus や 5009 の PCI から適当なコマンドを入力する事によって 5009 の負荷設定の値を増減する事ができます。

タービン入口の主蒸気の圧力が大体定格レベルになったならば、(主蒸気側の)HPトリップ&スロットル・バルブを開きます。入口の蒸気流量が増えて来るに連れて、5009 はタービン発電機の負荷を一定にする為にガバナ・バルブ (HP バルブ) の位置を動かします。(しかし、負荷制御を本当に行なう為には、KWドループの機能を使用しなければなりません。)

発電機側遮断器が閉じて、HPトリップ&スロットル・バルブが開いており、なおかつタービンがその時点のタービン発電機の負荷を背負える位、工場蒸気の蒸気圧が充分高くなったならば、混気制御は何時でも有効にする事ができます。(他の制御モードから)混気制御にコンプレックスに移行する為には、(事前に)手動の混気蒸気流量要求信号を混気蒸気ラインの蒸気流量(%)と、一致させなければなりません。手動の混気蒸気流量要求信号と混気蒸気ラインの蒸気流量(%)とが一致すると、混気制御の機能を有効にする事ができます。混気蒸気流量要求信号増加／減少コマンドや抽気／混気制御有効／無効コマンドは、5009 の PCI からでも、外部接点からでも、Modbus コマンドからでも入力する事ができます。

例10

プラントの負荷制御および蒸気圧制御を行う

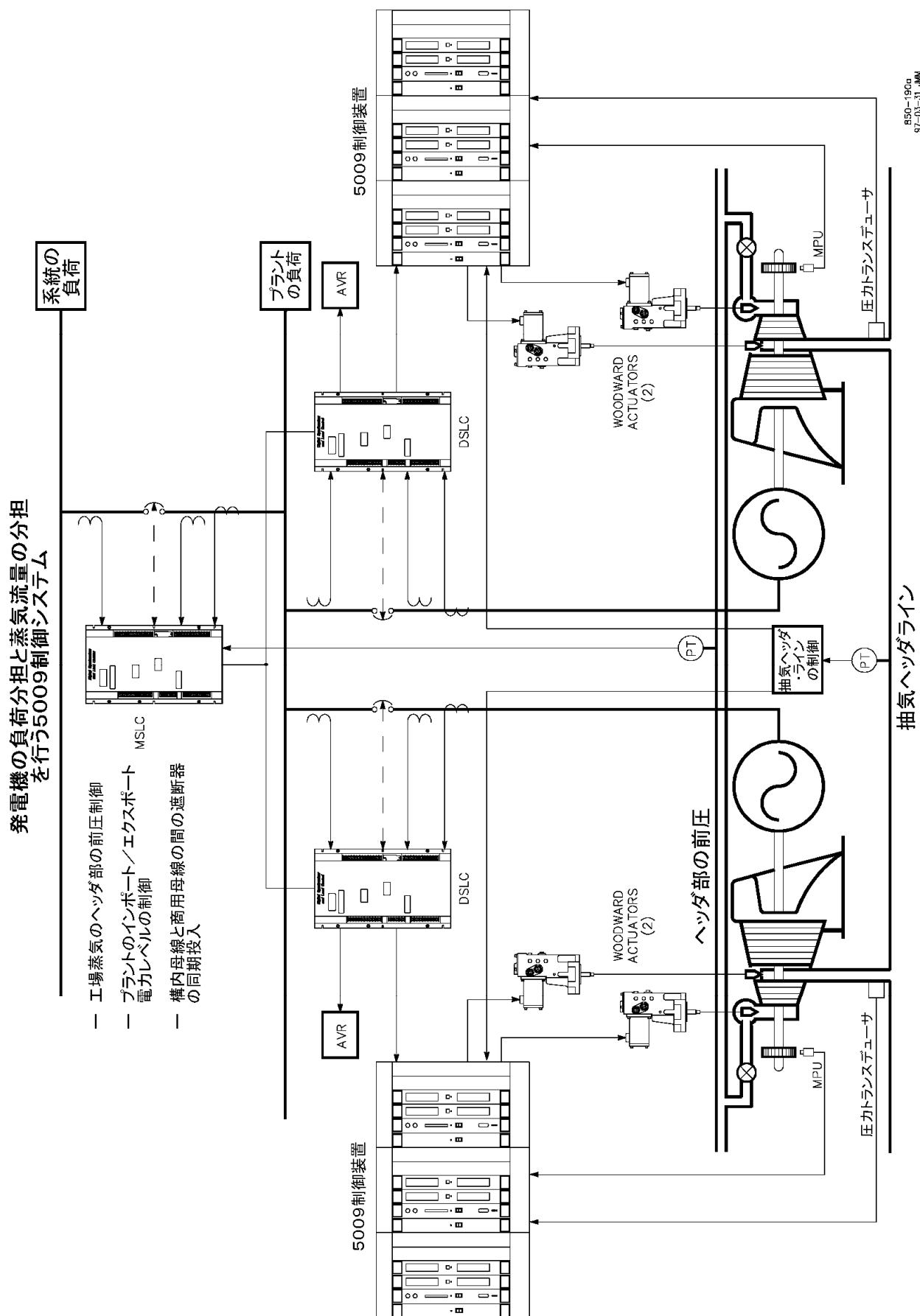


図 4-10. プラントの負荷制御および蒸気圧制御を行う

このアプリケーションでは、複数の5009や複数のDSLCとMSLC、およびシングル・ループで動作するPIDコントローラを使用すると、以下のパラメータのどれかを制御する事ができます。

- プラントのインポート／エクスポート電力 (母線側遮断器＝「閉」)
- 工場蒸気のタービン入口ヘッダ部圧力 (母線側遮断器＝「閉」)
- プラント全体の力率、または無効電力 (母線側遮断器＝「閉」)
- 比例型負荷分担を行いながらのプラントの構内母線の周波数制御 (母線側遮断器＝「開」)
- プラント全体の力率分担 (母線側遮断器＝「開」)
- プラントの構内母線の周波数を商用母線の周波数に合わせる・同期投入 (母線側遮断器＝「開」)
- プラントの構内母線の位相を商用母線の位相に合わせる・同期投入 (母線側遮断器＝「開」)
- プラントの構内母線の電圧を商用母線の電圧に合わせる・同期投入 (母線側遮断器＝「開」)
- プラントの低圧蒸気ラインの抽気ヘッダ圧力 (母線側遮断器＝「開」または「閉」)

これは、複数のタービン発電機が発電機負荷や蒸気流量を共同で制御する事によって、プラント全体のインポート／エクスポート電力や、タービンの主蒸気ヘッダ圧力や、タービンの抽気ヘッダ圧力などを制御する時に、通常よく使用されるアプリケーションです。この制御システムでは、プラントの構内母線が商用母線から切り離された時に、プラント内の全てのタービン発電機ユニットが共同で抽気ヘッダ・ラインの蒸気流量を制御しながら、プラント全体の構内母線の周波数制御と負荷分担を行ないます。図4-10に記載され、以下に説明されているさまざまな機能を全て使用するような制御システムもあります。が、全ての機能が必要なわけではない制御システムもあります。

このアプリケーションでは、5009はDSLCとセットで組み込まれて運転されます。各DSLCは、その動作モードが「有効」になった時に、そのDSLCに接続されている5009が制御しているタービン発電機ユニットの負荷のレベルを指定します。プラント内のタービン発電機ユニットを「アイソクロナス負荷分担モード」で運転している時には、各DSLCはデジタル・エシユロン・ネットワーク(LONネットワーク)でプラント内の他のDSLCやMSLCと通信します。各DSLCが負荷分担に関する情報を互いに交換したり、MSLCが各DSLCを制御する時には、このネットワークを使用します。LONネットワークで動作する事ができるMSLCは、1時に1台だけです。

MSLCは、その動作モードが「有効」になった時に、LONネットワークに接続されている全てのDSLCおよび5009を操作して、各タービン発電機ユニットの負荷を制御する事によって、全タービン発電機ユニットが共同で制御しているパラメータ(プラントの発電電力量など)を制御します。発電機に、MSLCから指定されたレベルの負荷を背負わせる為には、DSLCがアイソクロナス負荷分担モードで動作していなければならない。従って、(複数の発電機制御ユニットをLONに接続して運転する時に)ある発電機制御ユニット群には、(例えばヘッダ部の前圧やインポート／エクスポート電力などの)特定のパラメータを制御させつつ、別の発電機制御ユニット群には、(例えば背圧やユニット負荷などの)これとは別のパラメータを制御させるように設定する事ができます。どの制御ユニットがどのパラメータを制御するかは、オペレータが個々に指定します。

MSLCは、プラントと商用母線間のインポート／エクスポート電力を検出して、LONネットワークに接続されているタービン発電機ユニットの1部または全部に対して「PI制御」を行う事によって、プラントのインポート／エクスポート電力を指定されたレベルに保持します。各タービン発電機ユニットの負荷に直接関係し、なおかつ運転中である全てのユニットが同じように影響される工業プロセス(例えばタービン・ヘッダ部の前圧やヘッダ部の背圧)の状態を表す信号をMSLCに入力して、(PIコントローラで)制御する事もできます。動作中の全てのDSLCに対して、MSLCが同じレベルの負荷を背負うように指示するので、全てのタービン発電機ユニットは、(各ユニットの定格出力に対して)同一の割合で負荷を背負いながら、負荷分担を行ないます。

母線側遮断器が開いている時に、MSLCを使用してプラントの構内母線を商用母線に自動同期投入する事ができます。MSLCは、現在構内母線に接続して運転中のタービン発電機ユニットを制御している全てのDSLCの周波数の設定値を操作する事によって、プラントの構内母線の周波数と位相を商用母線の周波数と位相に一致させます。各DSLCをタービン発電機ユニットのオートマチック・ボルテッジ・レギュレータ(AVR)と接続する事によって、MSLCがDSLCを操作して、プラントの構内母線の電圧と商用母線の電圧を一致させる事ができます。

各DSLCにタービン発電機ユニットのAVRが接続されており、MSLCがDSLCを操作している場合には、MSLCはプラント全体の力率(PF)や無効電力(VAR)を制御する事ができます。このような制御システムでは、プラントの構内母線が商用母線から切り離された時には、各タービン発電機ユニットの間で力率分担を行なう事ができます。

このアプリケーションで使用される、プラントの抽気ヘッダ圧力コントローラは、スタンド・アロンのPIコントローラです。このコントローラは、抽気ヘッダ圧力を検出して、全てのタービン発電機ユニットの(5009の)抽気圧制御PIDに同一の信号を出力します。全てのタービン発電機ユニットの抽気流量の割合いを強制的に同じにする為に、こうします。コントローラは出力信号により、各タービン発電機ユニットの(5009の)抽気圧制御の設定値を増減します。MSLCとは違って、このコントローラは(通常)LONネットワークで他の装置と通信する事はないので、複数の5009に信号を出力する為の複数の出力回路を装備していなければなりません。

タービンの抽気圧は、タービンの負荷の関数ではないので、このパラメータ(抽気圧)を制御する為にMSLCを使用する事はできません。このアプリケーションでは、PIコントローラを使用して、全てのタービン発電機ユニットで抽気流量の分担を行ないます。別の方法としては、1台のタービン発電機ユニットをプラント内の何らかの工業プロセスの変動を制御する為に使用して、残りのタービン発電機ユニット全てを、抽気流量を一定に維持にする為に使用する事ができます。ただし、この方法では、制御システムに動揺を与える事なく制御する事ができる工業プロセスの変動幅が制限される事になります。これを越えて変化させる場合、オペレータが手動操作で必要な設定値を増減させなければなりません。

MSLCとDSLCを使用する制御システムのもうひとつの利点は、基本的に、DSLCを組み込む事ができるような原動機制御システム(ガス・タービン、ディーゼル・エンジン、蒸気タービン、ハイドロ・タービンなどの制御システム)でも、負荷分担のネットワークに接続する事ができるという事です。各DSLCで、個別に負荷分担信号に対するゲインを設定できるので、(負荷変動に対する)各原動機間の応答特性の違いを補償する事ができるからです。

例11**誘導発電機の駆動を行う:**

5009で誘導発電機を駆動するタービンの制御を行なう場合と、5009で同期発電機を駆動するタービンの制御を行なう場合の、5009のプログラム設定時の違いは、通常2つだけです。

誘導発電機では、滑り周波数を考慮に入れておかねばなりません。滑り周波数を考慮に入れて、5009の最大ガバナ速度を補正します。最大ガバナ速度(RPM)の設定値には、同期投入速度に%ドロップの値と全負荷時の滑り周波数のパーセント値を加算した値を設定します。

1. **最大ガバナ速度** = 同期投入速度 + (同期投入速度 × %ドロップ) + 最大滑り周波数速度(rpm)
2. 発電機側遮断器が開いた事を検知して、メジャー・アラーム・リレーが ON になる事により、タービンをシャットダウンします。

第 5 章

5009 の制御機能

シングル・バルブ・タービン、スプリット・レンジ・バルブ・タービン、1段抽気タービン、1段混気タービン、1段抽気／混気タービンを制御する為には、5009が必要な制御動作を行えるように正しくプログラムしなければなりません。5009を抽気／混気タービンの制御に使用する場合に、HPバルブまたはLPバルブのどちらかの位置に変化があって、その為に、もう一方のバルブの位置も変化する時に、その相互の影響の度合いを、制御しているタービンの機能に応じて変化させる事ができますが、その為には、プログラム時にレシオ／リミッタ・ロジックに関する設定値を正しく設定しなければなりません。抽気制御を行わないタービンでは、レシオ／リミッタ・ロジックは使用しません。また、抽気／混気制御ロジックも同様に使用しません。

速度／負荷 PID と補助 PID の関係は、補助 PID に対してどのような機能を指定するかによって、決まります。補助 PID を「リミッタ」として使用するよう設定した場合、補助 PID は常に「動作中」であり、速度／負荷 PID と補助 PID の LSS バスを通過した信号がアクチュエータ出力信号として出力されます。

補助 PID を「コントローラ」として使用するよう設定した場合、補助 PID は、この機能を有効にした時だけ動作します。補助 PID の機能が有効になった時には、速度 PID の機能は無効になり、補助 PID の出力をトラッキングします。プログラム時の設定により、各 PID 間の関係がどのように変わってくるかは、第3章のコントロール・ブロック図の所を参照してください。



このマニュアルでは、「HP バルブ」とは、非抽気タービン (non-extraction turbine) の入口制御バルブ、または、抽気／混気タービンの高圧入口制御バルブの事です。この制御装置を、非抽気タービンの制御システムに組み込む場合、LP バルブや抽気制御やレシオ／リミッタに関する説明は無視してください。

タービン始動モード

5009 では、(手動、半自動、自動) の3種類の始動モードを選択する事ができます。この3種類の始動モードでは、どのような手順でタービンがシャットダウン状態からアイドル速度、またはタービンの最小制御速度まで増速するかを、指定しています。タービンを始動するには、上の始動モードのどれかを選択して、プログラム時に設定しなければなりません。

タービンが始動して、この制御装置がタービン速度を制御し始めた後で、タービンをアイドル速度から定格速度に向かってタービンを増速する時の制御シーケンスは、プログラム時に何を「Start routine」に設定したかにより決まります。詳細に付いては、この章の「タービン始動ルーティン」を参照してください。

START コマンド信号を入力すると、5009 は速度設定とバルブ・リミッタ値を自動的に増加させますが、場合によっては、オペレータが手動操作により増加させる事もあります。自動的に増加するか、手動操作により増加させるかは、プログラム時に選択した始動モードによって異なります。タービンの始動が完了すると、タービンは、最小の速度設定で運転されています。この最小の速度設定は、アイドル／定格速度選択機能が使用されていればアイドル速度であり、オート・スタート・シーケンスが使用されていれば低アイドル速度であり、このどちらも使用されていなければミニマム・ガバナ速度になります。

START コマンド信号は、PCI からでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでも入力する事ができます。プログラム時に外部接点を START コマンド信号入力として指定した場合、その接点を閉じた時に START コマンドが入力されます。START コマンド信号の接点が閉じたままになっている場合、接点を一度開いてから再び閉じなければ、START コマンドを入力する事はできません。

START コマンドを入力したのと同時に速度センサがタービン速度を検出すると、5009 は直ちに速度設定をこの検出された速度に合わせ、オペレータが次の指令を入力するのを待つか、より高い方のアイドル速度に向かって自動的に増速して行きます。どちらになるかは、設定した始動モードに応じて変わります。検出したタービンの速度が最小の速度設定よりも高い時は、5009 は速度設定をこの値に合わせて、速度 PID はタービン速度をこの設定値で制御しながら、オペレータが行う次の操作を待ちます。

START コマンドを入力した時に 5009 が検出したタービン速度が、危険速度域の内側にあれば、5009 は速度設定を危険速度域の上限まで増加させてから、オペレータが行う次の操作を待ちます。

マニュアル・スタート・モード

マニュアル・スタート・モードは、タービン始動時に、オペレータがトリップ & スロットル・バルブを手動で開ける場合に使用します。このモードでは、START コマンドが入力されると、タービン入口の HP バルブが上限まで開きます。抽気タービンでは、この時の上限は、入力・設定した蒸気マップによって制限されるので、100%位置より低いかも知れません。タービン速度が最小の速度設定(アイドル速度またはミニマム・ガバナ速度)に向かって増速している時に、5009 の速度 PID は、タービン入口の HP バルブを制御し始める事により、タービン速度の制御を引き継ぎます。マニュアル・スタート・モードでは、以下の手順でタービンの始動を行います。

1. RESET コマンドを入力する。(全てのアラームとシャットダウンをリセットする。)
 - 抽気制御のみを行なうタービンでは、抽気制御が「有効」になるまで、LP バルブは最大位置方向に漸増します。
 - 混気制御または抽気／混気制御を行なうタービンでは、LP バルブは蒸気マップ上の抽気／混気流量がゼロになる線に沿って動作します。
2. START コマンドを入力する。(コマンドを入力する前に、トリップ & スロットル・バルブ／主塞止弁が閉じられているか、チェックする事。)
 - この時、5009 は HP バルブ・リミッタ変更レート(HP valve limiter rate)で HP バルブを最大位置まで開いて行きます。
 - 速度設定は、ゼロから最小の速度設定に、「Rate To Min(最小の速度設定への速度設定変更レート)」で増加して行きます。
3. HP 側(主蒸気側)のトリップ & スロットル・バルブを、指定されたレートで開いて行く。
 - タービン速度が最小の速度設定に向かって増加している時に、5009 の速度 PID 制御ブロックはタービンの HP バルブを制御する事によって、タービン速度の制御を開始します。
4. HP 側(主蒸気側)のトリップ & スロットル・バルブを 100%まで開く。
 - オペレータが何か操作を行うか、オート・スタート・シーケンスがプログラムされていればオート・スタート・シーケンスがタービンの速度制御を開始するまで、タービン速度は、最小の速度設定になったままです。

HP バルブ・リミッタの変更レート、最小の速度設定への速度設定変更レート(Rate-to-min)の各設定値は、PCI の SERVICE モードで調整可能です。



警告

マニュアル・スタート・モードで START/RUN キーを押す時は、HP 側のトリップ・アンド・スロットル・バルブ（主塞止弁）が閉じている事を確認してください。トリップ・アンド・スロットル・バルブが開いている時に START/RUN キーを押すと、タービンが暴走して、その結果、人身事故や死亡事故が発生する可能性があります。

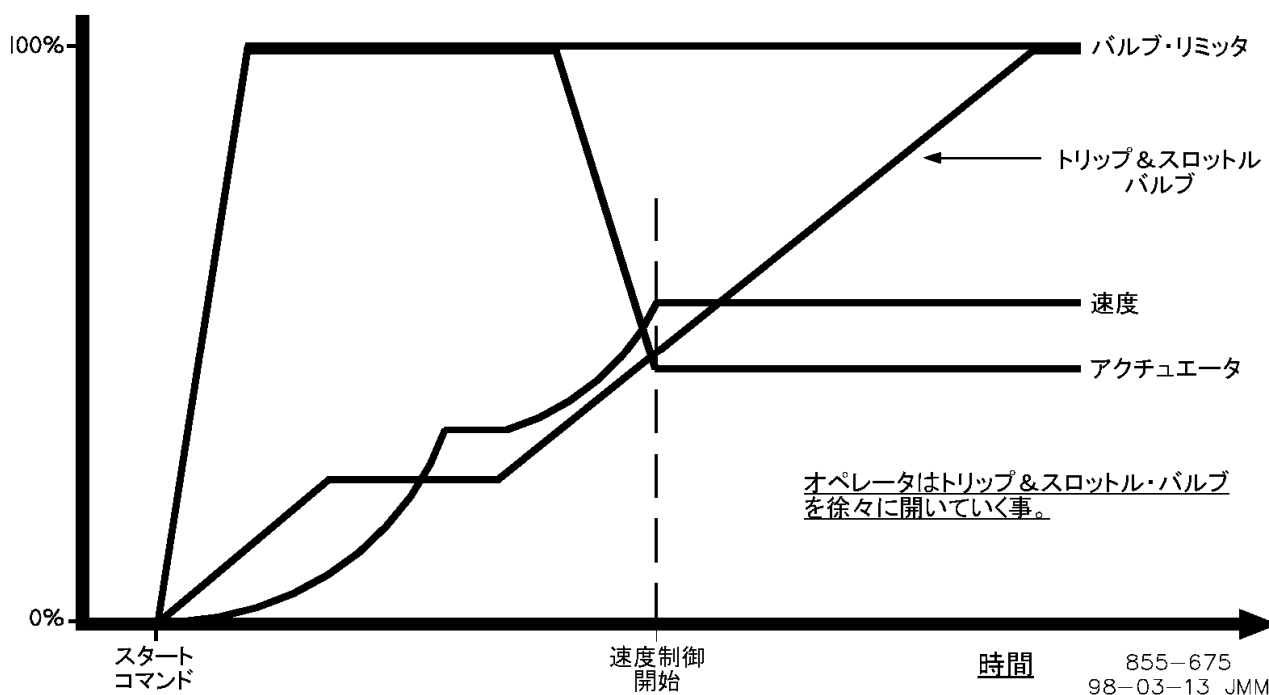


図 5-1. マニュアル・スタート・モードの例

V1 初期位置

“V1 Init Position”のオプションは、5009 でマニュアル・スタート・モードを選択した時だけ、使用する事ができます。このオプションを使用すると、STARTコマンドを入力した時点で、(V1バルブ位置の上限を指定する)HPリミッタ値を、あらかじめ指定した初期値に設定する事ができます。

マニュアル・スタート・モードを選択して、もし、この機能を使用しない場合、STARTコマンドを入力すると、HPバルブ・リミッタは100%に漸増して行きます。マニュアル・スタート・モードを選択して、もし、この機能を使用する場合、STARTコマンドを入力すると、(0~100%)の任意のレベルまでしかHPバルブ・リミッタが上昇しないように設定する事ができます。このような機能は、トリップ&スロットル・バルブの流量調節の精度を向上させたい時に使用します。オペレータは、この機能でトリップ&スロットル・バルブを制御する事により、タービン始動時のタービン速度をより正確に制御する事ができます。

“V1 Init Position”をプログラム時に設定すると、HPバルブ・リミッタは、STARTコマンドが入力された時点でV1 Init Positionの値に初期化されます。そして、この値を始点として、バルブ・リミッタを増加または減少させる事ができます。このオプションでは、タービン発電機ユニットを始動させた後で、HPリミッタを100%に増加させなければなりません。

セミアートマ チック・スター ト・モード

セミアートマチック・スタート・モードは、まずオペレータがトリップ&スロットル・バルブを手動で開けた後、HP バルブ・リミッタを手動で上げて行く事により、タービンを始動させます。このモードでは、START コマンドが入力されると、5009 の HP バルブ・リミッタを手動で上げるまで、タービン入り口の HP バルブは閉じたままです。HP バルブ・リミッタは、PCI からでも、外部接点からでも、Modbus コマンドによってでも上げる事ができます。タービン速度を最小の速度設定(アイドル速度またはミニマム・ガバナ速度)に増速している時に、5009 の速度 PID は、タービン入口の HP バルブを制御し始める事により、タービン速度の制御を引き継ぎます。セミアートマチック・スタート・モードでは、以下の手順でタービンの始動を行います。

1. RESET コマンドを入力する。(全てのアラームとシャットダウンをリセットする。)
 - 抽気制御のみを行なうタービンでは、抽気制御が「有効」になるまで、LP バルブは最大位置方向に開いて行きます。
 - 混気制御または抽気／混気制御を行なうタービンでは、LP バルブは蒸気マップ上の抽気／混気流量がゼロになる線に沿って動作します。
2. HP 側のトリップ&スロットル・バルブを開ける。(この動作で、タービンが始動しないようになっている事を確認しておく事)
3. START コマンドを入力する。
 - この時、速度設定は「Rate To Min」の変更レートで最小の速度設定の値に向かって増加して行きます。
4. 5009 の HP バルブ・リミッタの値を、指定されたレートで増加させます。
 - タービン速度が最小の速度設定に向かって増加している途中で、5009 の速度 PID 制御ブロックはタービンの HP バルブを制御する事によって、タービン速度の制御を開始します。
5. 5009 の HP バルブ・リミッタの値を 100%まで上げます。
 - タービン速度は、オペレータが何か操作を行うか、オート・スタート・シーケンスがプログラムされていればオート・スタート・シーケンスがタービンの速度制御を開始するまで、最小の速度設定になったままです。

HP バルブ・リミッタの値は、HP バルブ・リミッタ変更レート(HP Limitr Rate)で増加します。リミッタ値は、PCI や外部接点や Modbus コマンドで変更する事ができます。HP バルブ・リミッタ変更レート、最小速度設定への速度設定変更レート(Rate-to-min)の各設定値は、PCI の SERVICE モードで調整可能です。

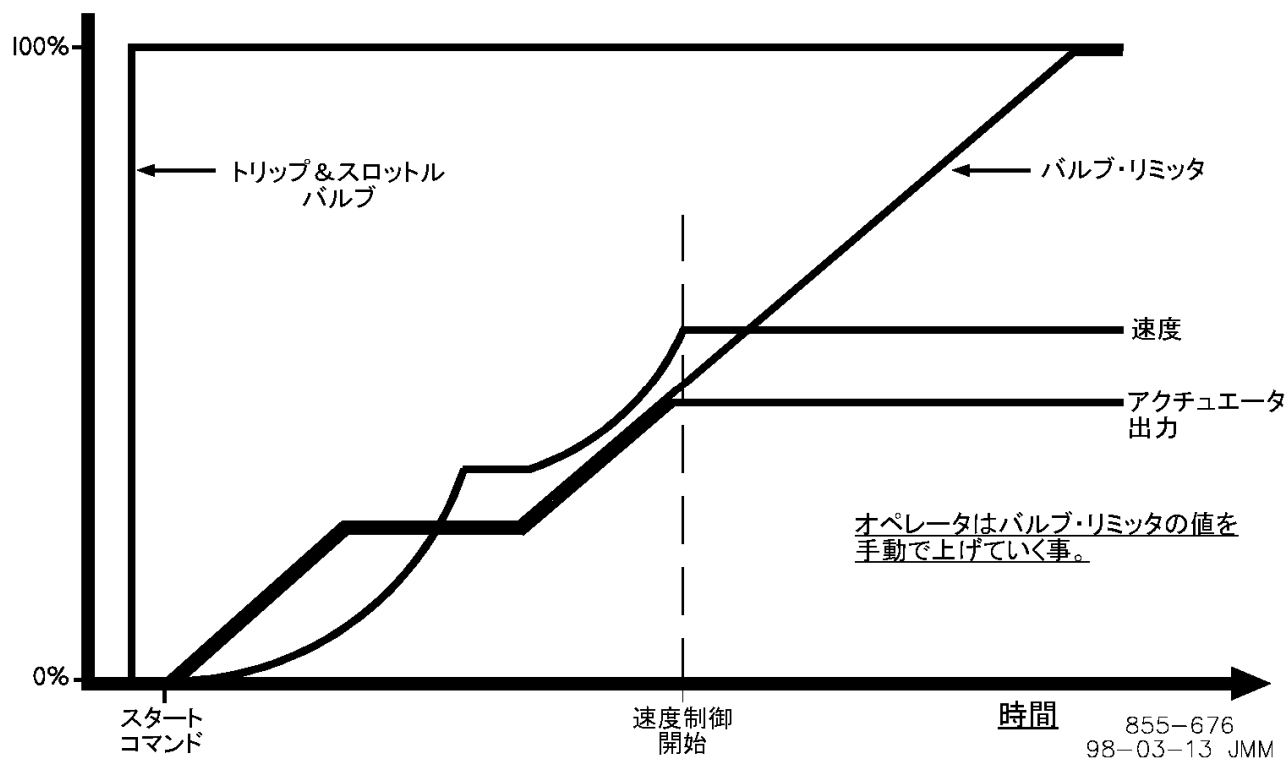


図 5-2. セミオートマチック・スタート・モードの例

オートマチック・スタート・モード

オートマチック・スタート・モードを使用する場合、オペレータがトリップ&スロットル・バルブを開ければ、後はSTARTコマンドを入力するだけでタービンを始動させる事ができます。このモードでは、STARTコマンドが入力されると、タービン入口の HP バルブの開度は 0 % から 100 % まで徐々に開いて行き、その途中で、5009 の速度 PID が HP バルブの制御を引き継ぎます。5009 は、HP バルブ・リミッタを使用して HP バルブを徐々に開けていきますが、(リミッタの値がランプしている時に)一瞬 HP バルブ・リミッタ増加/減少コマンドを入力する事によって、いつでもそのランプ動作を停止させる事ができます。タービン速度が最小の速度設定(アイドル速度またはミニマム・ガバナ速度)に増速している時に、5009 の速度 PID は、タービン入口の HP バルブを制御し始める事により、タービン速度の制御を引き継ぎます。オートマチック・スタート・モードでは、以下の手順でタービンの始動を行います。

1. RESET コマンドを入力する。(全てのアラームとシャットダウンをリセットする。)
 - 抽気制御のみを行うタービンでは、抽気制御が「有効」になるまで、LP バルブは最大位置方向に開いて行きます。
 - 混気制御または抽気/混気制御を行なうタービンでは、LP バルブは蒸気マップ上の抽気/混気流量がゼロになる線に沿って動作します。
2. トリップ&スロットル・バルブを開ける。(この動作で、タービンが始動しないようになっている事を確認する事)
3. START コマンドを入力する。
 - この時、5009 は、HP バルブ・リミッタ変更レート(HP Limiter Rate)で HP バルブをその最大位置に向かって開いて行きます。
 - 速度設定は、「Rate to min」の変更レートで「最小の速度設定」の設定値に向かって増加して行きます。
 - タービン速度がある程度増速して、「最小の速度設定」の設定値に向かって増加しつつある速度設定と一致したならば、5009 の速度 PID 制御ブロックはタービンの HP バルブを制御する事によって、タービン速度の制御を開始します。

- タービン速度は、オペレータが何か操作を行うか、オート・スタート・シーケンスがプログラムされていればオート・スタート・シーケンスがタービンの速度制御を開始するまで、最小の速度設定になったままです。

HALT コマンドを入力するか、HP バルブ・リミッタ増加／減少コマンドを入力するか、速度設定増加／減少コマンドを入力するか、5009 に非常停止をかければ、オートマチック・スタートのプロセスをいつでも中断する事ができます。このプロセスを中断した後で再び再開するには、CONTINUE コマンドを入力します。HP バルブ・リミッタ変更レート、最小の速度設定への速度設定変更レート(Rate-to-min)などの各設定値は、PCI の SERVICE モードで調整可能です。

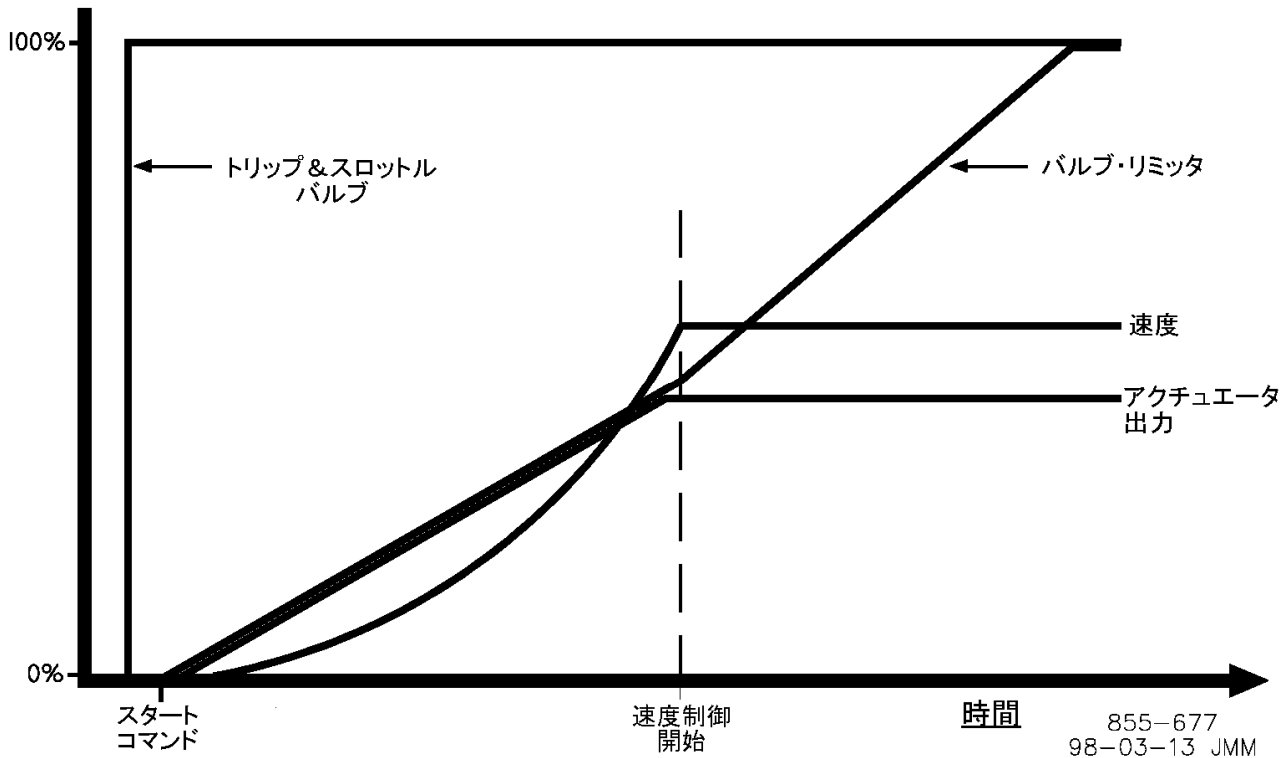


図 5-3. オートマチック・スタート・モードの例

ゼロ速度 信号無効

5009 は、速度信号が検出されなくなると（つまり、MPU の出力信号が交流の実効値で 1V 未満になるか、タービン速度が速度信号喪失レベル (Speed failure level) 以下になると）、タービンをシャットダウンします。タービンを始動する前には、通常、タービン速度が検出されていないので、この「速度信号喪失の機能」を無効にしなければ、タービンを始動させる事はできません。5009 では、この速度信号喪失の機能を自動的に無効にするようにプログラムする事もできますし、手動操作で無効にするようにプログラムする事もできます。MPU オーバライド・ロジック (ゼロ速度信号無効) のステイタスは、PCI の SERVICE モードからでも Modbus 端末の表示画面からでも見る事ができます。この速度信号喪失無効 (Zero speed signal override) の機能は、受動型の速度センサ (MPU) でも、能動型の速度センサ (近接スイッチ) でも使用する事ができます。

自動速度信号喪失無効 (Automatic Speed Override) 速度信号喪失無効の接点入力プログラム時に設定されていなければ、5009 の、自動速度信号喪失無効の機能が動作します。この制御ロジックは、タービンを始動する直前の速度信号がゼロである時にタービンのシャットダウンが発生しないようにする為、およびタービンをシャットダウンする時に、タービンの停止をスムーズに行う為に使用します。自動速度信号喪失無効を設定した時には、タービンを始動する前に速度信号喪失の機能が（自動的に）無効になり、検出されたタービン速度がプログラムで設定された値 (Speed failure level の設定値 + 250 rpm) を越えるまで、この機能は無効になったままです。タービン速度がひとたびこの設定された値を越えると、速度信号喪失検出回路が再び動作し始め、検出された速度信号が Speed failure level の設定値より下がると、5009 はシステム・シャットダウンを実行します。

タービン・システムを保護する為に、自動速度信号喪失無効の機能に対しても、タイマを使用してその有効時間に限度を設定する事ができます。(有効時間の設定は、PCIのSERVICEモードで行う。)この速度信号喪失無効の機能は、最大 60 分間有効にする事ができます。(この有効時間は、SERVICE モードで調整可能です。)START コマンドが入力されるたびに、このタイマは計時を始め、計時が完了した時点で速度信号喪失無効の機能は再び有効になります。タイマの計時が完了した時に、検出した速度信号が Speed failure level の設定値以下であれば、5009 はシステム・シャットダウンを実行します。

手動操作の速度信号喪失無効(Manual Speed Override) ある接点入力を、「Override Speed Sensor Fault(速度信号喪失無効)」に指定したならば、手動による速度信号喪失無効の機能を使用する事ができます。この機能を使用する場合、指定した接点が閉じられている限り、速度信号喪失検出ロジックは無効になっています。この接点を開くと、速度信号喪失検出の回路が再び動作し始めます。その結果、タービン速度が Speed failure level の設定値未満に下がれば、システム・シャットダウンが実行されます。

タービン・システムを保護する為に、速度信号喪失無効の最大有効時間を(PCIのSERVICEモードで)指定できるようになっています。これは、(故障等で)接点が閉じたままになった時のためです。この速度信号喪失無効の機能は、最大 60 分間有効にする事ができます。(この有効時間は、SERVICE モードで調整可能です。)START コマンドが入力されるたびに、このタイマは計時を始め、計時が完了した時点で速度信号喪失の機能は再び有効になります。タイマの計時が完了した時に、検出した速度信号が Speed failure level の設定値以下であれば、5009 はシステム・シャットダウンを実行します。

始動許可 条件接点

外部接点をタービン始動の許可／不許可を通知する為の入力として使用する事もできます。5009 の外部接点のひとつをこのようにプログラムした場合、START コマンドを起動する為には、この外部接点を閉じておかねばなりません。START コマンドを起動した時に、この外部接点が開いたままになっていると、アラームが発生し、5009 は「始動許可条件が不成立」である事と表示します。5009 へ START コマンドを入力する前に、この外部接点を閉じておかねば、5009 は START コマンドを受け付けません。START コマンドが受け付けられたなら、もはやこの始動許可条件入力用の外部接点は、開いていても閉じていても運転に対して何の影響もありません。この接点を使用する場合、通常トリップ&スロットル・バルブ(主塞止弁)の「閉」側リミット・スイッチにこの接点入力を接続して使用します。タービンを始動する前に、トリップ&スロットル・バルブが「閉」の位置に行っているかどうかをチェックする為です。

バルブ・ リミッタ

この制御装置を抽気タービン制御用にプログラムしている場合、2 個のバルブ・リミッタ(HP&LP リミッタ)を使用可能ですが、非抽気タービン制御用にプログラムしている場合、1 個のバルブ・リミッタ(HP リミッタ)しか使用できません。HP バルブ・リミッタと LP バルブ・リミッタは、タービンの始動や停止、および抽気制御への移行が正常かつスムーズに行われるように、HP バルブと LP バルブの出力を制限する為の機能です。抽気制御を行わない制御システムでは、アクチュエータ出力1を制御する HP バルブ・リミッタのみが使用されます。リミッタの設定値は、PCI や、外部接点や、Modbus 端末から変更する事ができます。

抽気制御を行わないシステムでは、アクチュエータ1のバルブ・リミッタ値は、LSS バスから出力されます。LSS バスに入る最も低い値が、アクチュエータ1のバルブ位置を制御します。従って、アクチュエータ1のバルブ・リミッタは、アクチュエータ1のバルブ位置(と、もしアクチュエータ2が使用されているならば、アクチュエータ2のバルブ位置)の上限を指定します。

抽気制御を行うシステムでは、HP バルブ・リミッタの出力はレシオ・リミッタの出力と一緒に LSS バスに入り、このふたつの内の低い方の値が、HP バルブに対する出力になります。HP バルブ・リミッタは、HP バルブの位置の上限を指定します。

LPリミッタは、抽気制御や混気制御や抽気／混気制御を行うタービンでのみ使用します。抽気タービンの制御システムでは、LPバルブ・リミッタの出力とレシオ・リミッタ出力のHSSがLPリミッタ値になり、混気タービンや抽気／混気タービンでは、LPバルブ・リミッタの出力とレシオ・リミッタ出力のLSSがLPリミッタ値になります。上記のような制御ロジックになっていますので、LPバルブ・リミッタは、制御するタービンのタイプによって最小LPバルブ位置、または最大LPバルブ位置のどちらかを指定します。

タービン始動時のバルブ・リミッタの使用 방법에付いては、このマニュアルの「始動手順」の所を参照してください。制御システムのダイナミクスに問題があると思われる時に、このバルブ・リミッタを使用して問題が何処にあるのかを確認する事もできます。5009の制御ロジックに問題があつて制御システムの動作が不安定になると思われる時は、バルブ・リミッタの値を意図的に低く、または高く調整する事により、アクチュエータの制御を(速度／負荷PIDではなく)リミッタで行って見ます。バルブ・リミッタをこのように使用する時には、タービンの運転状態が危険な状態にならないように、十分注意してください。

HP/LPバルブ・リミッタのレベルは、PCIからでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでも調整する事ができます。HPリミッタまたはLPリミッタの設定値増／減コマンドを入力すると、対応するリミッタ値が、プログラム時に指定された変更レートで増加または減少します。HPバルブ・リミッタもLPバルブ・リミッタも、デフォルトの変動幅は0~100%です。HP/LPバルブ・リミッタの変更レートと最大バルブ位置の設定値は、PCIのSERVICEモードで調整する事ができます。

V1 初期位置

「V1 Init Position」のオプションは、5009でマニュアル・スタート・モードを設定した時だけ使用する事ができます。このオプションを使用すると、STARTコマンドを入力した時点で、(V1バルブの上限を指定する)HPリミッタ値を、あらかじめ指定した初期値に設定する事ができます。STARTコマンドを入力すると、HPバルブ・リミッタは、まずV1 init Positionに初期化されます。V1 init Positionは、PROGRAMモードで設定します。ここから、必要に応じて、HPリミッタ値を増加、または減少させる事ができます。このオプションを使用する場合、タービン始動後、HPリミッタを100%まで増加させる必要があるはずで

HPバルブとLPバルブの最小位置リフト・リミッタ

HPバルブの最小位置リフト・リミッタ(minimum HP lift limiter)は、抽気タービンや混気タービンの制御システムで、高圧セクションに冷却蒸気を流す為に最小HPバルブ位置を0%より上の所に設定する為に使用します。レシオ／リミッタがHPバルブを全閉にしようとする時に、リフト・リミッタで強制的にこれを開いておく事ができます。タービン・メーカーが特に指定しない限り、この設定値はゼロにしておきます。HPバルブ最小位置リフト・リミッタは、以下の条件が成立した時に有効になります。

- この装置で混気制御または抽気／混気制御を行うように設定した時
- 抽気／混気制御の機能が「有効(enabled)」になっている時
- HPバルブの出力要求値がHPバルブの最小位置リフト・リミッタより大きくなっている時

LPバルブの最小位置リフト・リミッタ(minimum LP lift limiter)は、LPバルブの最小位置を制限する為に使用されます。シャットダウン条件が成立した時以外このリミッタは常に有効であり、レシオ／リミッタがLPバルブを全閉にしてみないようにします。シャットダウン条件成立時には、LPバルブは全閉になっています。タービン・メーカーが特に指定しない限り、この設定値はゼロにしておきます。

**タービン始動
ルーティン
(アイドル
定格速度間)**

タービンを始動して、この制御装置でタービン速度を制御するようになると、タービンがアイドル速度から定格速度へ増速する時の制御シーケンスは、あらかじめ設定されたタービン始動ルーティンにより決定されます。始動ルーティンとミニマム・ガバナ速度 (minimum governor controlling speed) は、通常のプラントの運転手順とタービン・メーカの指定によって決まります。制御装置の始動方法の詳細については、この章の「タービンの始動モード」の所を参照してください。

**アイドル速度
の設定無し**

この始動ルーティンを使用した場合、START コマンドを入力すると、速度設定は最小速度への速度設定変更レート (Rate to min) で、真っ直ぐ、ミニマム・ガバナ速度に対応する速度まで上昇して行きます。このスタート・ルーティンでは、「危険速度域回避」の機能を使用する事はできません。

**速度設定の
手動調整**

この始動ルーティンを使用した場合、アイドル速度と危険速度域回避の機能を使用することはできますが、アイドル速度から定格速度までの自動速度設定ランプ機能を使用する事はできません。アイドル速度から定格速度までの速度設定の上昇は、速度設定増コマンドにより、手動で行います。この始動ルーティンを使用する場合、START コマンドを入力すると、速度設定は、最小速度への速度設定変更レート (Rate to min) でアイドル速度まで増速して行きます。

**アイドル/
定格速度
ランプ**

「定格速度へ増速」のコマンドを入力すると、速度設定は、アイドル速度からタービンの定格速度まで、指定した速度設定変更レートで漸増します。「定格速度へ増速」のコマンドは、PCI や、外部接点や、Modbus 端末から入力する事ができます。

アイドル/定格速度の機能は、(手動、半自動、自動の) どの始動モードでも使用する事ができます。START コマンドを入力すると、速度設定はゼロ rpm から増加してアイドル速度で停止します。「定格速度へ増速」の機能が入力されると、速度設定は、アイドル定格速度設定変更レートで定格速度まで増加します。定格速度に増速中に、速度設定増または減コマンドを入力するか、然るべき新たな速度を設定値として入力すれば、定格速度への増速は、その時点で停止します。

この制御装置では、発電機遮断器が閉じているか、リモート速度設定が有効であるか、アクチュエータ出力がカスケード PID により制御されてるか、アクチュエータ出力が補助 PID により制御されているか、(SERVICE モードにおけるデフォルトの設定、詳細は第3巻を参照の事)「アイドル速度へ減速」や「定格速度へ増速」の機能は、使用する事ができません。別の方法としては、SERVICE モードの Use Idle と Idle has priority over Rmt Speed, Casc, Aux (で “True”) を選択すると、アイドル/定格速度選択の動作条件を変更する事ができます。これらの選択項目の詳細と、アイドル定格速度間の速度設定ランプ機能の変更を行う時に、これをどのように設定するかは、このマニュアルの第3巻を参照してください。

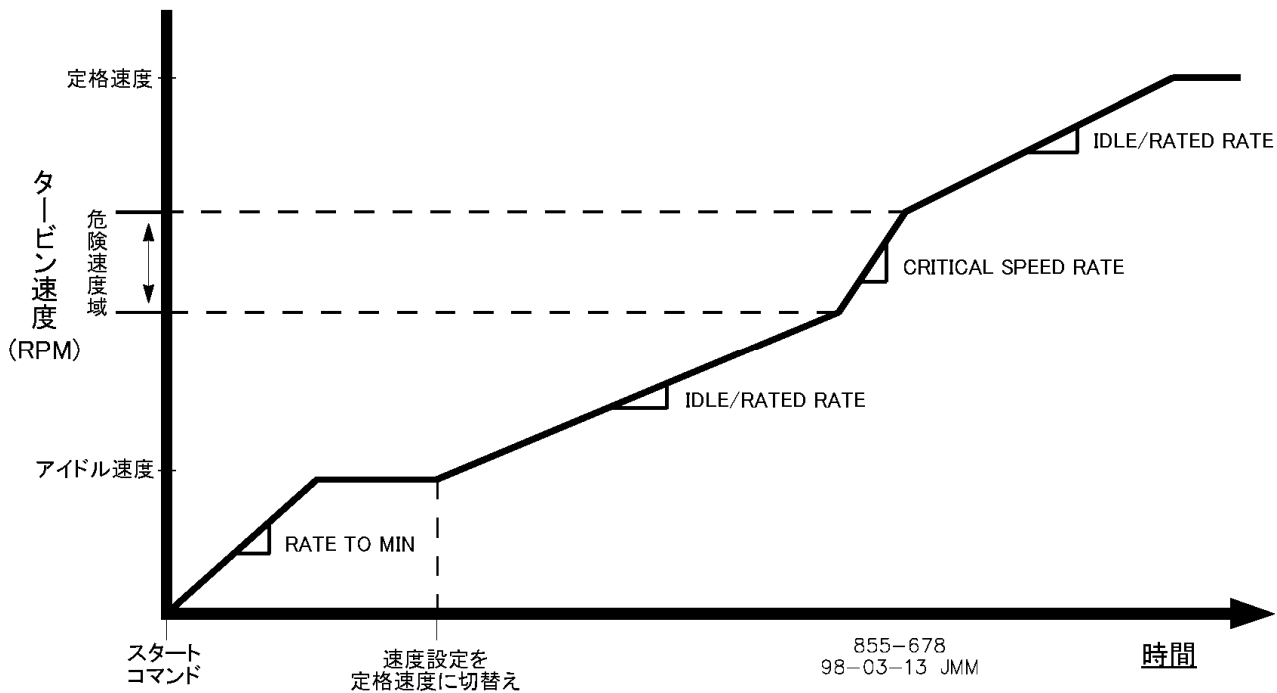


図 5-4. アイドル／定格速度によるタービンの始動

「定格速度へ増速」のコマンドと「アイドル速度へ減速」のコマンドは、PCI や、外部接点や、Modbus 端末から入力することができます。どのような装置から増速／減速どちらのコマンドを入力したとしても、最後に入力されたコマンドが有効になります。

接点入力のどれかを「アイドル／定格速度」選択に使用していれば、この接点を開いた時にはアイドル速度が選択され、この接点を閉じた時には定格速度が選択されます。タービン・トリップの条件が全て解除された時には、アイドル／定格速度選択の接点が閉じている事もあれば、開いている事もあります。接点が開いている時に「定格速度へ増速」の機能を実行するには、接点を閉じなければなりません。接点が閉じている時に「定格速度へ増速」の機能を実行するには、接点を一度開いた後で、閉じなければなりません。

タービンで他の装置を機械的に駆動する場合、定格速度をミニマム・ガバナ速度以上に設定することができます。タービンで発電機を駆動する場合、定格速度の設定値は、ミニマム・ガバナ速度から同期速度までのどこかに設定します。アイドル／定格速度に関連する設定値は全て、Modbus 端末から見る事ができます。

オート・スタート・シーケンス

オート・スタート・シーケンスを使用すると、タービンがシャットダウンされていた時間がどれだけであったかに応じて、ホット・スタートか、コールド・スタートか、またはこの中間の始動ルーティンを実行します。オート・スタート・シーケンスでは、「タービン始動時の速度設定変更レート」と「アイドル速度での速度設定停止時間」は、タービンが停止していた時間の長さに応じて変わってきます。この始動ルーティン(オート・スタート・シーケンス)は、3つの始動モード(マニュアル・モード、セミオートマチック・モード、オートマチック・モード)のどれでも使用する事ができ、START コマンドが入力されると動作し始めます。

このシーケンスでは、定格速度に到達するまでに、低アイドル速度と高アイドル速度のふたつのアイドル速度を通過します。オート・スタート・シーケンスはまず速度設定を低アイドル速度の設定値まで増加させ、その設定値でしばらく停止して(実速度がこの設定値に追い付くまで待ち)、次に高アイドル速度の設定値まで増加させ、その設定値でしばらく停止して(実速度がこの設定値に追い付くまで待ち)、それから速度設定を定格速度に増加させます。上記の速度設定変更レート(増速レート)と速度設定停止時間は全て、タービンがホット・スタートで始動する時とコールド・スタートで始動する時でそれぞれ異なるようにプログラムで設定する事が可能です。

5009は、タイマで、タービンがシャットダウンされてから経過した時間を測定しており、STARTコマンドが入力されると、オート・スタート・シーケンスは、この時間に基づいて、タービン始動時に使用する速度設定変更レートと(各アイドル速度での)速度設定停止時間を決定します。この「トリップ後経過時間計測用タイマ」は、タービンがシャットダウンされて、タービン速度が低アイドル速度未満に下がってから、計測を始めます。

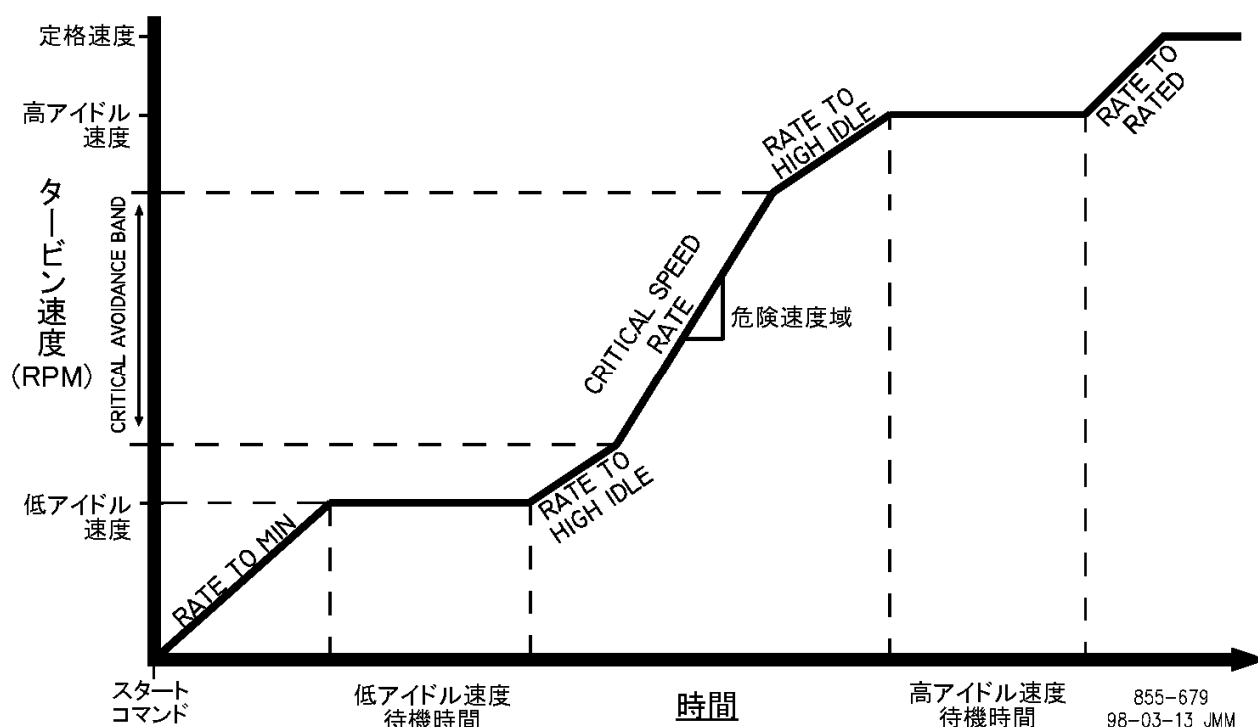


図 5-5. オート・スタート・シーケンス

START コマンドが入力された時に、タービンがシャットダウンされてから経過した時間がプログラム時に設定された HOT START 時間の設定値より短ければ、5009 は、オート・スタート・シーケンスでホット・スタート用の速度設定変更レートと速度設定停止時間を使用します。START コマンドが入力された時に、タービンがシャットダウンされてから経過した時間がプログラム時に設定された COLD START 時間の設定値より長ければ、5009 はコールド・スタート用の速度設定変更レートと速度設定停止時間を使用します。

START コマンドが入力された時に、タービンがシャットダウンされてから経過した時間がプログラム時に設定された HOT START 時間の設定値と COLD START 時間の設定値の間にあれば、5009 はホット・スタート時に使用する設定値とコールド・スタート時に使用する設定値の中間の値をとって、タービン始動時の速度設定変更レートと速度設定停止時間とします。

例えば、タービンのオート・スタート・シーケンスの設定値が次のようであるとします：

COLD START (> xx HRS)	=	22	HRS
HOT START (< xx HRS)	=	2	HRS
LOW IDLE SETPT	=	1000	RPM
LOW IDLE DELAY (COLD)	=	30	MIN
LOW IDLE DELAY (HOT)	=	10	MIN
HI IDLE SETPT	=	2000	RPM
RATE TO HI IDLE (COLD)	=	5	RPM/SEC
RATE TO HI IDLE (HOT)	=	15	RPM/SEC
HI IDLE DELAY TIME (COLD)	=	20	MINI
HI IDLE DELAY TIME (HOT)	=	30	MINI
RATE TO RATED (COLD)	=	10	RPM/SEC
RATE TO RATED (HOT)	=	20	RPM/SEC
RATED SETPT	=	3400	RPM

設定値が上のようになっている時に、タービン・システムが停止してから 12 時間経ってタービンを始動させようとする、5009 はホット・スタート用のパラメータとコールド・スタート用のパラメータの中間の、以下のような値を速度設定変更レートと速度設定停止時間として使用します。(SERVICE モードにて表示されます。このマニュアルの第3巻を参照の事。)

LOW IDLE DELAY	=	20	MIN
RATE TO HI IDLE	=	10	RPM/SEC
HI IDLE DELAY TIME	=	25	MINI
RATE TO RATED	=	15	RPM/SEC

上記の例において、5009 の速度設定は、1000 rpm までは RATE TO MIN の速度設定変更レートで上昇し、速度設定はそこで 20 分間(タービン速度が 1000 rpm に到達するのを待ちながら)停止します。次に 2000 rpm までは 10 rpm/sec の速度設定変更レートで上昇し、速度設定はそこで 25 分間停止します。そして最後に、15 rpm/sec の速度設定変更レートで 3400 rpm まで上昇します。速度設定が 3400 rpm に到達した所で、このオート・スタート・シーケンスは終了します。タービンをシャットダウンしてから 2 時間以内に再び始動する時は、5009 はホット・スタート用のパラメータを選択します。またタービンをシャットダウンしてから 22 時間以上経過してタービンを再び始動する時は、5009 はコールド・スタート用のパラメータを選択します。



注：

5009 は、電源投入後または PROGRAM モードを抜けた直後に、内部のトリップ後経過時間計測用タイマに自動的に最大の設定値をセットしてから、トリップ後経過時間を計測し始めます。このタイマは、タービンがトリップした後でタービン速度がミニマム・ガバナ速度未満に低下した時のみ、リセットされます。

オート・スタート・シーケンスを「停止」したり「継続」したりする事は、PCI からでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでもできますが、最終的に有効になるのは、この3種類の入力のうちで時間的に最後に入力されたコマンドです。オート・スタート・シーケンス実行中に、HALT(停止)コマンドを入力するか、速度設定増または減コマンドを入力するか、然るべき新たな速度を速度設定として入力すれば、オート・スタート・シーケンスは、その時点で停止します。

ただし、このオート・スタート・シーケンスが停止しても、(オート・スタート・シーケンス経過時間計測用)タイマが、もし時間の計時を始めていれば、この計時を停止しません。CONTINUE (継続) コマンドが入力されると、オート・スタート・シーケンスは動作を再開します。(オート・スタート・シーケンス実行中に) 速度設定をアイドル速度で停止する所でまだ 15 分残っている時に HALT コマンドが入力されて、それから 10 分後に CONTINUE コマンドが入力されると、オート・スタート・シーケンスは「速度設定停止時間」の内のまだ残っている時間(この場合、 $15 - 10 = 5$ 分間)速度設定をアイドル速度で停止しています。

その他に、オート・スタート・シーケンスを実行中に低アイドル速度、または高アイドル速度で速度設定が停止した時に、CONTINUE コマンドを入力するまで速度設定がその位置に止まるように、設定することができます。SERVICE モードで、"Automatically Halt at Idle Setpoints" のオプションを選択すれば、速度設定は低アイドル速度と高アイドル速度で停止して、オペレータが CONTINUE コマンドを入力するまで、止まったままになっています。プログラム時に設定すれば、リレー出力の中のひとつを、「オート・スタート・シーケンス停止中」の状態表示用リレーに設定することができます。

5009 の接点入力のひとつを「オート・スタート・シーケンス停止／継続コマンド」に指定すると、この接点を開いた時にオート・スタート・シーケンスはその動作を停止し、この接点を閉じた時にオート・スタート・シーケンスはその動作を継続します。オート・スタート・シーケンス停止／継続コマンド入力用の接点は、RESET コマンドが入力された時に開いているかもしれませんが、閉じているかもしれません。接点が閉じている時にシーケンスを停止するには、接点を開かなければなりません。接点が開いている時にシーケンスを停止するには、接点を1度閉じてから開かなければなりません。

危険速度域の回避

ほとんどのタービンでは、タービンに異常な振動が発生したり、その他の問題が起きないようにする為に、ある特定の速度や速度域を避ける(か、できるだけ早く通過する)必要があります。その為にプログラム時に、ふたつの危険速度域を設定することができます。「危険速度域の回避」の機能が働くようにするには、アイドル／定格速度の機能かオート・スタート・シーケンスの機能をプログラム時に選択しておく必要があります。

速度設定を、危険速度域の内側で停止させる事はできません。速度設定が危険速度域の内側にある時に速度設定増加／減少コマンドを入力すると、速度設定は(増加コマンドまたは減少コマンドに応じて)増速または減速して、危険速度域の外へ出ます。速度設定減少コマンドの方が速度設定増加コマンドより優先度が高いので、(速度設定増接点を「閉」にして)速度設定が危険速度域の内側を増加していた時に、(速度設定減接点を「閉」にして)速度設定減少コマンドが入力されると、速度設定は危険速度域の下限に向かって減少して行きます。速度設定が危険速度域の内側にある時に速度設定減少コマンドを入力すると、速度設定が危険速度域の下限を過ぎてからでなければ、5009 は他のコマンドを一切受け付けません。

危険速度域に指定した範囲には、どのような速度設定値も直接入力することはできません。もし入力しようとするれば、Modbus ポートからエラー・メッセージが出力(表示)されます。速度設定は、PCI の始動モード設定機能、または Modbus から直接入力することができます。

速度 PID 以外の制御パラメータ(補助 PID やカスケード PID など)の影響で速度設定が危険速度域の中に5秒以上入ると、速度設定は直ちにアイドル速度になり、「Stuck in Critical」のアラームが発生します。

タービン始動時に、速度 PID がタービンを増速しつつある時に、危険速度域の通過に要すると計算された時間内に危険速度域を通過できなかった場合、「Stuck in Critical」のアラームが発生して、速度設定は直ちにアイドル速度に戻ります。「通過に要すると計算された時間」とは、タービンを普通の状態で増速している時に (Critical Speed Rate の速度設定変更レートで) 危険速度域を通過するのに要する時間を、5倍したものです。タービンを普通の状態で始動していて「Stuck in Critical」のアラームが発生する場合には、Critical Speed Rate (危険速度域の内側での速度設定変更レート) の設定値が大きすぎて、タービンの制御応答がそれに追従できていないことがあります。

危険速度域の上限と下限の設定値は、PROGRAM モードの Start setting ページの下で設定されます。(このマニュアルの第3巻を参照の事。) 危険速度域の設定値は、全て「アイドル速度」と「ミニマム・ガバナ速度」の設定値の間になるように設定します。アイドル速度の設定値を危険速度域の内側に設定すると、コンフィギュレーション・エラーが発生します。危険速度域の内側での速度設定の変更レートは、Critical Speed Rate の設定項目で入力します。Critical Speed Rate の設定値は、タービンの最大定格加速率以下に設定しなければなりません。

速度制御機能の概要

タービン速度を検出するには、1 本ないし 4 本の MPU または近接スイッチを使用します。5009 が、正確にタービンの実速度を検出する為には MPU Gear Ratio と Teeth Seen By MPU の設定値に正しい値を入力しておかなければなりません。速度センサとして MPU と近接スイッチを同時に使用しても差し支えありませんが、両方とも同じギヤに取り付けなければなりません。Gear Ratio と Teeth Seen By MPU の設定値は、4 本の速度センサ入力に付いて同じ値が使用されるからです。5009 の速度 PID は、検出した速度信号と速度設定の値を比較して速度／負荷要求信号を作成し、抽気タービン、混気タービン、抽気／混気タービンの場合、これをレシオ／リミッタ・ブロックに入力し、抽気／混気動作を行わないタービンでは LSS バスに入力します。

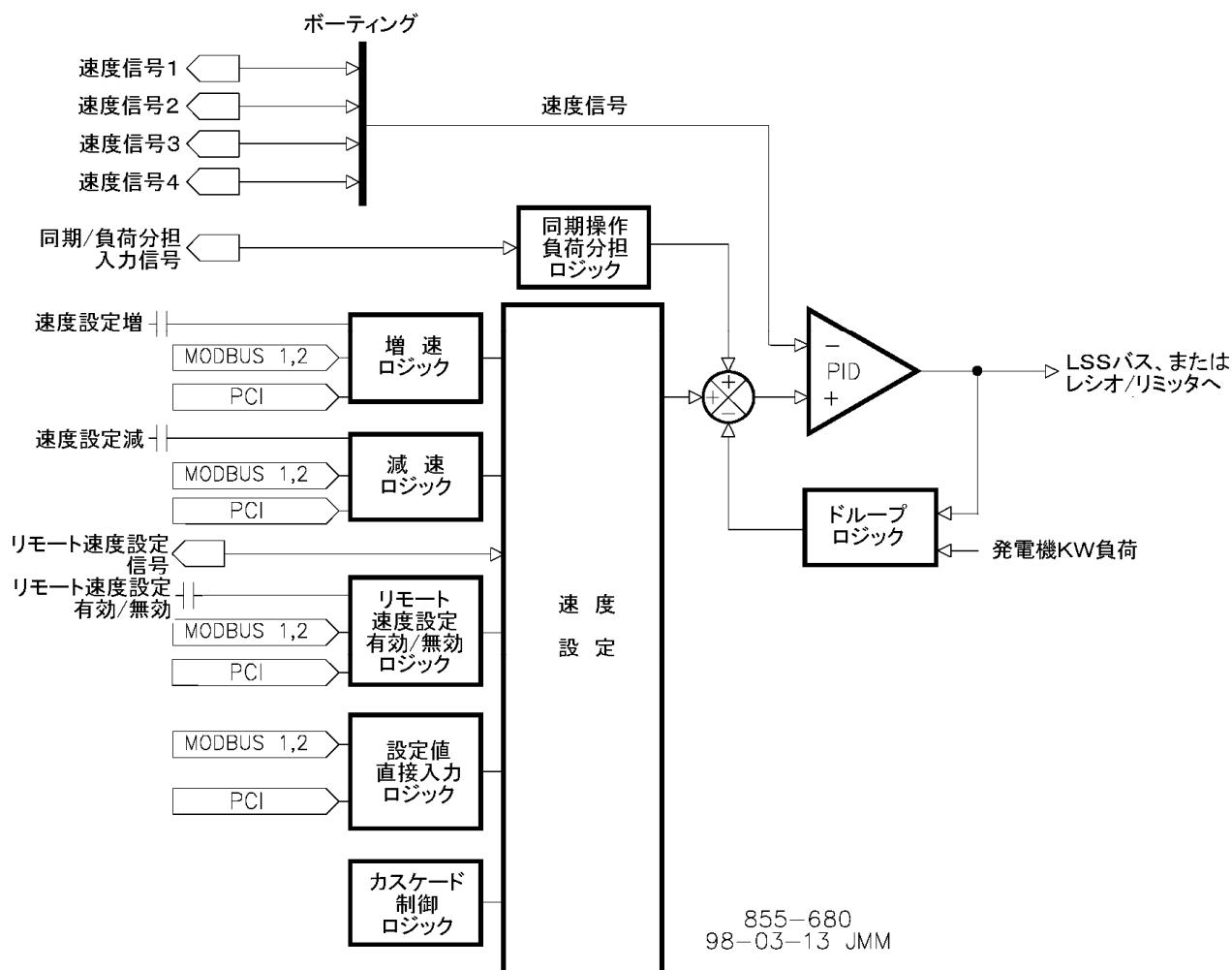


図 5-6. 速度制御のファンクション・ブロック図

速度PIDの動作モード

速度 PID は、プログラム時の設定および制御システムのその時の運転状態に応じて、以下の3つのモードのどれかで動作します：

1. 速度制御モード
2. 周波数制御モード
3. タービン発電機ユニットの負荷制御モード(ドループ機能有り)
 - タービンの HP バルブ位置と LP バルブ位置の制御
 - 発電機負荷の制御

速度制御

5009 が発電機制御用にプログラムされていない場合は、5009 の速度 PID は常に速度制御モードでのみ動作します。5009 が発電機制御用にプログラムされている場合は、5009 の速度 PID の動作モードは発電機側遮断器と母線側遮断器の状態によって決定されます。発電機側遮断器の接点が開いている時は、速度 PID は速度制御モードで動作します。発電機側遮断器が閉じていて、母線側遮断器が開いている場合は、速度 PID は周波数制御モードで動作します。発電機側遮断器も母線側遮断器も両方ともに閉じている場合は、速度 PID はタービン発電機負荷制御モードで動作します。

速度制御モードでは、速度PIDは、タービンが背負っている負荷に関係なく、(タービンが背負う事のできる最大負荷まで)タービンの回転数または周波数が指定された値になるようにタービンを運転します。このようにプログラムした場合、制御を安定させたり、制御性能を良くする為にドループの機能を使用したり、2番目の制御パラメータ(例えば KW 負荷など)をPIDに入力したりする事はありません。(図 5-7 を参照の事)

速度制御に関連するパラメータ(設定値や表示値)は全て、5009 の PCI や Modbus 端末からモニターしたり変更したりする事が可能です。

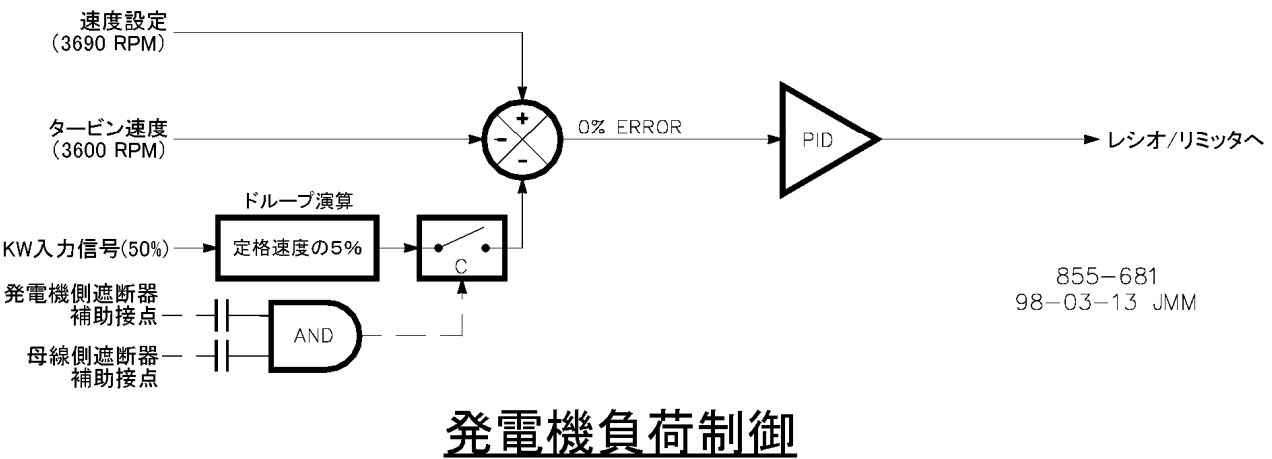
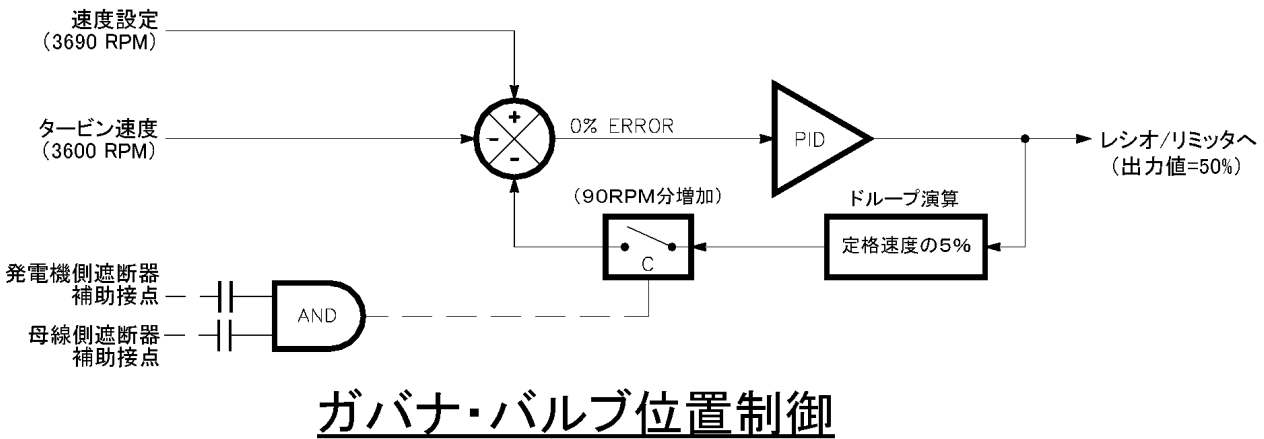
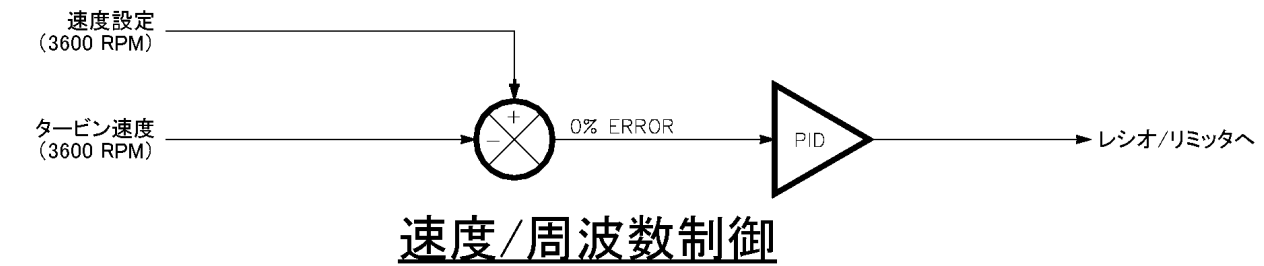


図 5-7. 速度 PID の制御モード

855-681
98-03-13 JMM

周波数制御

5009 の工場出荷時の(デフォルトの)周波数制御モードの動作について以下に示します。工場出荷時に設定された 5009 の(発電機側および母線側)遮断器制御ロジックを変更する方法の詳細については、このマニュアルの第3巻を参照してください。

発電機側遮断器が閉じており、母線側遮断器が開いている時には、速度 PID は周波数制御モードで動作します。周波数制御モードでは、(タービンが背負う事のできる最大負荷まで)タービン発電機システムは、システムが背負っている負荷に拘わらず一定の回転数または周波数になるように制御されます。図 5-7 を参照の事。

遮断器の接点を切り替える事によって、速度 PID が他のモードから周波数制御モードに切り替えられた場合、5009 の速度設定は、速度 PID が周波数制御モードに切り替えられる直前のタービン速度(または周波数)に瞬時に変更されます。従って、他のモードから周波数制御モードにコンプレックスに(原動機の急激な速度変動なしに)切り替える事ができます。制御モードを切り替える直前のタービン速度が、定格速度(または同期速度)の設定値と同じ値ではない場合、速度設定は定格速度の設定値に毎秒 1RPM のレートで移行して行きます。(この変更レートはデフォルト値であり、SERVICE モードで変更可能です。第3巻を参照の事。)

周波数制御モードでは、母線側遮断器を閉じて発電機を無限大母線に接続する時に、タービンを手動操作で母線に同期させる事ができるように、速度設定増/減のコマンドで速度設定の値を上げたり下げたりする事ができます。詳しくは、この章の「同期投入」の項目を参照してください。

PID 制御の状態を外部に通知する為に、5009 が周波数制御モードになった時に、指定したリレーが励磁されるようにプログラム時に設定する事ができます。

**発電機ユニット
の負荷制御**

5009 の速度 PID は、発電機側遮断器が閉じている時には、2種類の別個のパラメータを制御します。発電機を単独で運転している時に制御するパラメータは「周波数」で、発電機を無限大母線と並列運転している時に制御するパラメータは「発電機負荷」です。発電機側遮断器と母線側遮断器が両方とも閉じている場合は、速度 PID は発電機負荷(制御)モードで動作します。速度 PID で、2 番目のパラメータ(この場合は発電機負荷)を制御するような方法をドループ制御と言います。

速度 PID が同時にふたつのパラメータを制御する事によって、速度 PID は発電機負荷を制御しつつ、母線周波数が変動してもこれを安定させるように、制御する事ができます。このように設定すると、母線の周波数が(負荷変動の為に)上がったたり下がったりした時に、この装置は発電機に設定されたドループ率に従って発電機の負荷を増加させたり減少させたりします。こうすると、一般的に母線の周波数はより安定してきます。図 5-8 に、周波数と負荷の関係を図示したものを示します。

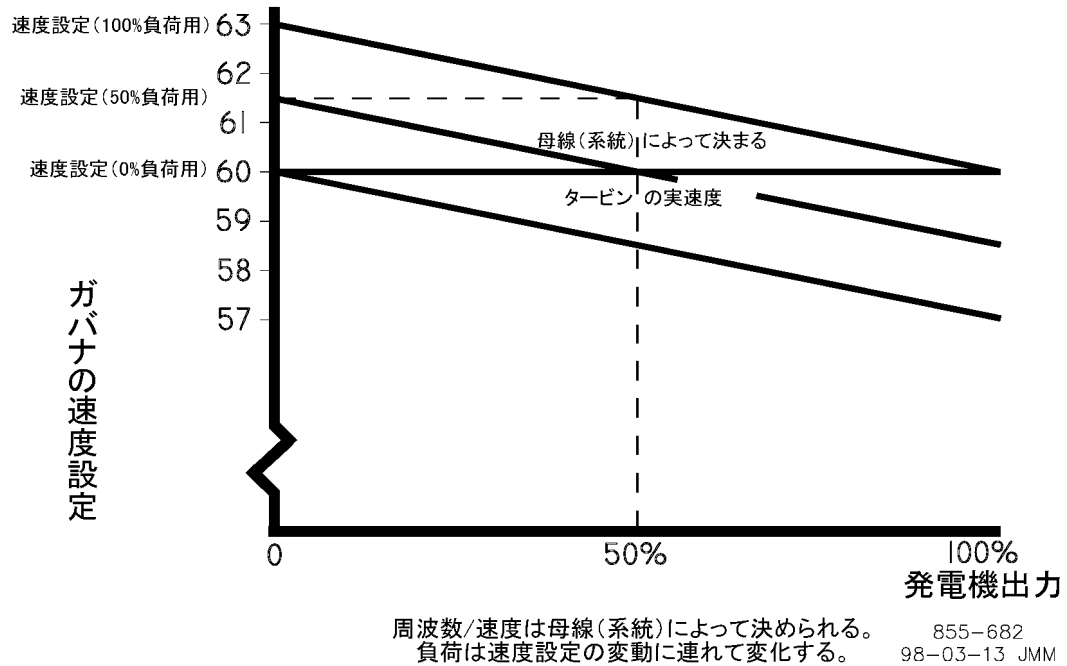


図 5-8. 周波数と発電機負荷の関係

他のパラメータ(発電機負荷)が速度 PID の加算点にフィードバックされている場合に、もしタービン発電機システムが単独運転されていれば、負荷がある一定の割合で増加した時に、タービン速度がどれだけ下がるかを指定するのが、ドループの設定値です。このマニュアルで言うドループの値とは、発電機負荷を表す PID の 2 番目の制御パラメータ(入力変数)ですが、このパラメータは 5009 の速度 PID にフィードバックされます。こうして、速度 PID は 2 つのパラメータを同じ PID で制御できる事になります。2 つのパラメータとは、アイソレート運転中は速度で、無限大母線と並列運転している時は発電機負荷です。図 5-7 を参照してください。

タービン速度と 2 番目のパラメータの制御は、5009 の速度 PID と設定値を使用して行ないます。従って、この 2 番目のパラメータ(発電機負荷)を、PID の加算点で(実速度、速度設定、発電機負荷の)3 つの項が加算できるように正規化しなければなりません。この正規化は、定格速度のパーセント値に基づいて行いますので、その結果、発電機負荷の増減が直接速度 PID の設定値に影響する事になります。発電機負荷が定格速度の(0 ないし 100%)のパーセント値で表わされる場合、速度設定の値は、このパーセント値に基づいて変動するので、発電機が母線と並列運転している時に負荷を 0% ないし 100% まで増加させるには、速度設定を定格速度より高い値に設定しなければなりません。発電機負荷が、定格速度のパーセント値に変換される時の例を、以下に示します。

$$\begin{aligned} & \% \text{ドループの設定値} \times \% \text{発電機負荷またはアクチュエータ出力値} \times \text{定格速度の設定値} \\ & \hspace{15em} = \text{速度設定の変更分(RPM)} \end{aligned}$$

$$\text{計算例: } 5\% \times 100\% \times 3600\text{RPM} = 180\text{RPM}$$

この例では、ドループ率を 5% にして、発電機を母線と並列運転する時に、発電機負荷を 0% から 100% まで変動させるには、速度設定を 3600RPM から 3780RPM に調整直さなければなりません。

5009 が制御しているタービン発電機システムが、商用母線と、もしくはドループの機能も負荷分担の機能も付いていない発電機システムと並列運転される場合、速度 PID は、このドループ・フィードバックの機能を使用して発電機負荷を制御します。(発電機負荷は、発電機出力を直接検出するか、タービンの HP バルブ位置と LP バルブ位置を測定する事により計算します。)

タービン発電機システムが母線と並列運転されている時は、タービン発電機システムの周波数や回転数は母線に依存しますので、ガバナは、それ以外のパラメータしか制御できない事になります。

5009 は、タービン発電機の負荷を検出する時に、タービンの HP バルブ位置と LP バルブ位置に基づいて負荷を計算するか、発電機に取り付けられたワット・トランスデューサからのアナログ信号を直接読み取るか、どちらかの方法により行います。HP バルブ位置と LP バルブ位置は、0-100%のアクチュエータ出力(この値はアクチュエータ駆動電流の大きさと同じ)から計算されます。アクチュエータ出力が、実際のバルブ位置(または発電機負荷)と一致する事はほとんど有り得ないので、できるだけ近い近似として使用するしかありません。

5009 で KW ドループ制御を行うには、弊社のリアル・パワー・センサ、またはそれと同等なワット・トランスデューサを使用して発電機の負荷を検出し、5009 の KW 入力端子に、検出した負荷信号をフィードバックします。もし KW ドループ制御の機能を使用せず、またこの機能をプログラムで設定もしていない時に、5009 が制御しているタービン発電機システムを無限大母線に接続して並列運転を行うには、5009 はタービンの HP バルブ位置と LP バルブ位置に基づいて計算した負荷を使用して、負荷の駆動を行いません。発電機負荷を制御している時に KW 入力信号が故障した場合は、5009 はアラームを発生させ、5009 の内部で計算した負荷の値を参照して負荷の駆動を行います。



注

レシオ/リミッタのデカップリング・モードの中のひとつを使用する時は、KW ドループを使用しない方がタービンをうまく制御できます。発電機出力が変化する時には、HP バルブ位置と LP バルブ位置の両方を変化させなければなりませんので、KW ドループの機能を使用すると、デカップリング動作が犠牲になるからです。

5009 がタービンのバルブ位置に基づいて発電機負荷を制御するように設定されている時は、5009 は発電機側遮断器投入時のバルブ位置を基準にして発電機負荷を計算し、この時のバルブ位置を、発電機負荷がゼロの時のバルブ位置とみなします。普通のタービンで、発電機側遮断器を閉じた時にタービンの前圧と背圧が定格レベルで運転される場合には、この計算方法を使用する事によって発電機の負荷を正確に計算する事ができるので、負荷を正しく制御する事ができます。

速度設定値

速度 PID の設定値は、5009 の PCI や外部接点や Modbus 端末や 4-20mA のアナログ入力から、増加/減少する事ができます。また、5009 の PCI や Modbus 端末から直接入力する事ができる設定値もあります。その他、カスケード制御機能を使用している時には、カスケード PID で直接速度 PID の設定値を操作する事もできます。

速度設定の機能を使用する時に、PROGRAM モードで速度設定のレンジを指定しなければなりません。ミニマム・ガバナ速度(5009 の Minimum control setpoint)とマキシマム・ガバナ速度(5009 の Maximum control setpoint)の設定値で、タービンの通常の運転速度範囲を決定します。オーバースピード・テストを行わない限り、速度設定をマキシマム・ガバナ速度より上に上げる事はできません。速度設定がミニマム・ガバナ速度の設定値以上になると、アイドル/定格の接点を開いて「アイドル速度にランブ(Ramp to Idle)」のコマンドを入力するか、通常停止のコマンドが入力されるまで、速度設定がミニマム・ガバナ速度の設定値より下に下がる事はありません。

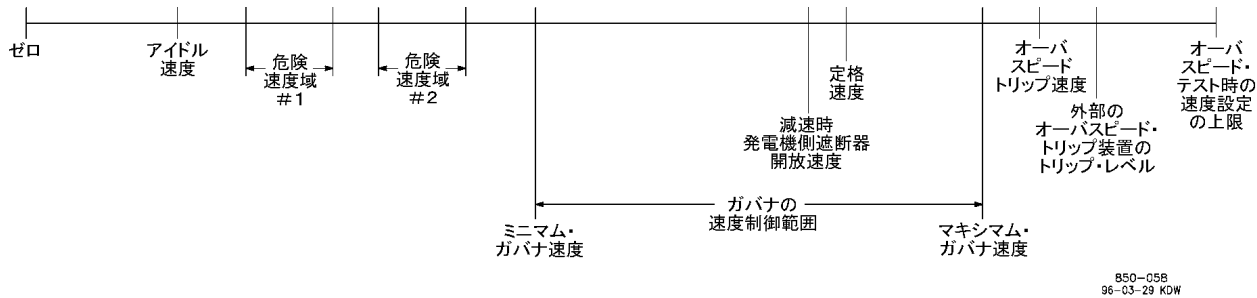


図 5-9. 制御速度範囲

タービン速度がミニマム・ガバナ速度以上になると、外部接点から速度設定増／減のコマンドを入力して速度設定を調整する事ができます。速度設定増／減のコマンドを入力すると、速度設定は **PROGRAM** モードで設定された低速速度設定変更レート (Speed Setpoint Slow Rate) で変化します。速度設定増／減のコマンドが3秒以上続けて入力されると(つまり接点が3秒以上連続して閉じられると)、速度設定は高速速度設定変更レートで変移します。これは、低速速度設定変更レートの3倍の速度です。低速速度設定変更レート (Speed Setpoint Slow Rate)、高速レート切替え遅延時間 (Fast Rate Delay)、高速速度設定変更レート (Fast Rate) は **SERVICE** モードで調整・変更可能です。

PCI または Modbus 端末から設定値を直に入力して、速度設定を任意の値に変更する事もできます。適切な値を入力して **5009** がその値を受け付けると、速度設定はその「入力された値」の方に、低速速度設定変更レートでランプして行きます。この速度設定変更レートは、**SERVICE** モードで変更する事ができます。

5009 がタービン発電機システムを制御するようにプログラムされていれば、同期速度付近では速度設定の増加／減少をより小刻みに行う為に、特別の速度設定変更レート (同期投入ウインドウ・レート / Synchronizing Rate) で速度設定を変更します。手動で同期操作を行う場合や、オートマチック・シンクロナイザで **5009** の接点入力に速度設定増／減のディスクリート信号を入力して同期操作を行う場合、この機能を使用して速度設定をより正確に制御する事ができます。この同期投入ウインドウ・レートは、デフォルト値が **2 RPM / 秒** です。このウインドウ・レートは、発電機側遮断器が「開」で、速度設定が定格速度の $\pm 10\text{RPM}$ 以内の時に使用されます。この同期投入ウインドウ幅と同期投入ウインドウ・レートは、**SERVICE** モードで設定・調整可能です。

5009 がタービン発電機システムを制御するようにプログラムされている場合、発電機側遮断器が閉じている時に発電機が母線からの電力によってモータリングされないように、**5009** は最小負荷設定値 (Min load bias) 以上の負荷を発電機に背負わせて運転します。母線側遮断器が閉じている時に **5009** が発電機側遮断器「閉」の信号を検出すると、**5009** の速度設定は最小負荷設定値まで上昇します。最小負荷設定値のデフォルト値は、負荷が最大負荷の3%の時の値です。(この値は **SERVICE** モードで調整・変更可能です。) 最小負荷設定の機能は、**SERVICE** モードで無効にする事ができます。

周波数制御の実行と解除

商用母線からは分離した構内母線に複数のタービン発電機セットが接続されており、なおかつ他の負荷分担機能を使用しない場合に、「周波数制御の実行と解除」の機能を使用する事ができます。この制御システムでは、分離した母線に接続されている発電機の中で、1台だけが周波数制御を行い、他は全てユニット・ロード・モード (発電機負荷一定のモード) で動作します。周波数を制御する発電機は、その発電機の負荷がプラント全体の負荷の変動に応じてスイング (変動) するので、スイング・マシンと呼ばれます。

システムをこのように構成する場合は、スイング・マシンが過負荷になったり、スイング・マシンに電力が逆流(モータリング)したりしないように、注意しなければなりません。

この機能を使用する時には、無限大母線から分離した構内母線に接続して運転されている複数の発電機の中から、オペレータが選択した1台のタービン発電機をスイング・マシンとして使用します。また、運転中に、オペレータがスイング・マシンを他のタービン発電機に切り替える事もできます。構内母線に接続されている他のタービン発電機は、ドループ・モードまたはベースロード・モードで運転されます。タービン発電機が、構内母線や無限大母線(商用母線)に接続されている時でも、オペレータが周波数制御の機能を実行にしたり解除にしたりする事ができます。そして、この機能が「実行」になっていて、プラント-商用母線間の遮断器が開いた時に、タービン発電機は周波数制御を行なうようになります。しかし、この機能が「解除」になっている時にプラント-商用母線間の遮断器が開くと、タービン発電機はユニット・ロード・モードで引き続き運転されます。

この機能を使用するには、PROGRAM モードで「Use Frequency Control Arm/Disarm(周波数制御実行/解除)」の設定を Yes にし、外部接点により周波数制御の実行/解除ができるようにプログラムします。この場合、「同期投入/負荷分担」の機能を使用するようにプログラムする事はできません。周波数制御実行/解除の入力は、プログラム時に指定した外部接点からでも、PCI からでも、Modbus 端末からでも行う事ができます。接点入力を使用する場合、接点を閉じると 5009 は発電機の周波数制御を行い、接点を開くと 5009 は発電機の周波数制御を行いません。

オペレータは、発電機の大きさや、その時の調子や、運転状態を見て、プラント-商用母線間の遮断器が開いた時に、どの発電機がプラント内の母線の周波数を制御する発電機(スイング・マシン)になるかを決定します。周波数制御を「実行」状態にするのはいつでもできますが、実際にこの機能が動作するのは、発電機側遮断器が閉じて、母線側遮断器が開いている時だけです。



注意

母線に接続されているタービン発電機の中で周波数制御モードにできるのは、1 度に 1 台だけです。もし複数の発電機が同時に周波数制御を行おうとすると、発電機同士が互いに負荷を取り合って発電機システムの動作が不安定になり、場合によっては発電機に対する過負荷や電力の逆流(モータリング)が発生して、発電システムに損傷を与える事も有り得ます。

PROGRAM モードで「周波数制御実行/解除」の設定を No にすると、周波数制御は常に「実行」状態になり、母線側の遮断器が開いた時には発電機は必ず周波数制御を開始します。PROGRAM モードで「周波数制御実行/解除」の設定を Yes にすると、母線側遮断器が開いて発電機側遮断器が閉じた後、発電機が周波数制御に切り替わるようにするには、その前に、周波数制御の機能を「実行」するには(外部接点などで)選択しておかなければなりません。

スピード・コントロール・デュアル・ダイナミクス

速度 PID には2組のダイナミクスがあります。オフライン・ダイナミクスとオンライン・ダイナミクスです。タービン発電機システムの動作条件が変わった為にシステムの応答時間が変化する時に、この2種類のダイナミクスを切り替えて、システムの制御が最適なものになるようにします。

5009 をタービン発電機制御に使用する場合、母線側遮断器補助接点と発電機側遮断器補助接点の状態により、速度 PID が、どちらのダイナミクスを使用するかが決まります。オフライン・ダイナミクスは、母線側遮断器か発電機側遮断器(の補助接点)が開いている時に使用されます。オンライン・ダイナミクスは、遮断器(の補助接点)が両方共閉じている時に使用されます。(表 5-1 を参照する事)

5009 をタービン発電機制御に使用しない場合に、5009 がどちらのダイナミクスを使用するかは、タービン速度がミニマム・ガバナ速度を超えたかどうかで決まります。タービン速度がミニマム・ガバナ速度未満である時には、速度 PID はオフライン・ダイナミクスを使用します。タービン速度がミニマム・ガバナ速度以上である時には、速度 PID はオンライン・ダイナミクスを使用します。

プログラム時に、外部接点を使用して「オンライン／オフライン・ダイナミクスの切替え」を行なうように設定する事もできます。プログラム時に、この外部接点を使用するように設定すると、この接点を切り替えるだけで、5009 のダイナミクスの切替えを行なう事ができます。この場合、(発電機制御を行なう時の) 母線側遮断器接点の状態や発電機側遮断器接点の状態、もしくは(発電機制御を行なわない時に)タービン速度がミニマム・ガバナ速度を超えたかどうかは、ダイナミクスの切り替えに何の影響も及ぼしません。プログラム時に指定した接点が開いている場合は、速度 PID はオフライン・ダイナミクスを使用します。指定した接点が閉じている場合は、速度 PID はオンライン・ダイナミクスを使用します。

速度 PID がどちらのダイナミクスを選択しているかを表示する為のリレーを1個、PROGRAM モードで指定する事ができます。

ダイナミクスの設定値は、PROGRAM モードで設定されますが、いつでも調整・変更可能です。このマニュアルの「速度制御、カスケード制御、補助制御、抽気／混気制御のダイナミクスの調整」の所を参照してください。

システム構成	オンライン・ダイナミクス選択時	オフライン・ダイナミクス選択時
発電機駆動	遮断器は両方共「閉」	どちらかの遮断器が「開」
発電機以外を駆動	速度 > ミニマム・ガバナ速度	速度 < ミニマム・ガバナ速度
*外部接点で切替え	接点は「閉」	接点は「開」

注：* ダイナミクスの切替えに「外部接点を使用」するようにプログラムすると、「外部接点で切替え」の優先順位が1番高くなります。

表 5-1. オンライン／オフラインのダイナミクスの切替え

リモート
速度設定

プログラム時に、5009 のアナログ入力のひとつをリモート速度設定の入力用に割り付ける事により、アナログ信号を使用して速度設定を遠隔操作する事ができます。この事は、プロセス制御装置や分散型プラント制御システムが 5009 の速度設定を遠隔操作する事ができると言う事を意味します。

リモート速度設定 (RSS) で設定値を動かせる範囲は、この機能をプログラムする時に「4mA 時の設定速度 (Min Speed Setting)」と「20mA 時の設定速度 (Max Speed Setting)」にどんな値を設定するかによって、決まります。この設定値を動かせる範囲は、SERVICE モードで調整可能ですが、速度設定をミニマム・ガバナ速度未満にしたり、マキシマム・ガバナ速度を越える値に設定すれば、正常な速度制御を行う事はできません。

リモート速度設定は2次的な速度設定機能ですから、アクチュエータ出力の制御がこのリモート速度設定に従って行われるには、5009 は速度 PID によって制御されており、LSS バス出力は(リミッタなどではなく)速度 PID の出力によって操作されていなければなりません。5009 が発電機制御に使用されている場合は、遮断器が両方共閉じて、速度 PID がアクチュエータ出力を制御している状態になるまで、リモート速度設定による速度制御は行われません。5009 が発電機制御に使用されていない場合は、タービンの速度がミニマム・ガバナ速度以上になっていなければ、5009 はリモート速度設定を参照して速度制御を行いません。カスケード制御と補助制御は、(それらを使用するように設定していても、使用しないように設定していても)リモート速度設定の機能が有効になると、自動的に無効になります。

「リモート速度設定有効」のコマンドと「リモート速度設定無効」のコマンドは、PCI や、外部接点や、Modbus 端末から入力することができます。どのような装置から有効／無効のどちらのコマンドを入力したとしても、最後に入力されたコマンドが有効になります。

PROGRAM モードで、外部接点を1個使用して「リモート速度設定有効／無効」の切替えを行なうように設定することができます。この接点が開いている時は、リモート速度設定の機能は無効になり、閉じている時は、有効になります。タービン・トリップ条件が解除になった時に、この接点が開いているかもしれませんが、閉じているかもしれません。接点が開いている時は、この機能を有効にする為に接点を閉じなければなりません。接点が閉じている時は、1度開いてからこの機能を有効にする為に再び閉じなければなりません。

リモート速度設定入力へのミリ・アンペア (mA) 信号が正常な範囲を外れる (2mA 未満または 22mA を超える) と、アラームが発生し、入力信号が正しい値に復帰してアラームが解除されるまで、リモート速度設定入力は無効になります。

リモート速度設定のステータス・メッセージ

リモート速度設定は、以下の各ステータスの中のどれかになっています。(5009 の PCI にメッセージとして表示されます。)

- **Disabled**(無効) — リモート速度設定の機能は無効で、5009 の速度設定に対して何の影響も及ぼさない。
- **Enabled**(有効) — リモート速度設定の機能は有効になっている。
- **Active**(動作中) — リモート速度設定は 5009 の速度設定を操作しているが、アクチュエータ出力は速度 PID に制御されていない。
- **In Control**(制御中) — リモート速度設定は 5009 の速度設定を操作しており、アクチュエータ出力は速度 PID に制御されている。
- **Inhibited**(使用不可) — リモート速度設定を有効にする事ができない。リモート速度設定信号が喪失したか、タービンを通常停止しようとしているか、タービンがシャットダウンされたか、リモート速度設定の機能が PROGRAM モードで使用するよう設定されていない。

ステータスが「有効」になった時に、リモート速度設定の値が 5009 の速度設定の値と一致していない場合、速度設定はリモート速度設定の値に「Not-Matched Rate」で変移して行きます。(両者が一致して) リモート速度設定が 5009 の速度設定を制御し始めると、リモート速度設定が変化した時にその変化に追従して速度設定が上下する時の最大のランプ・レートは、Rmt Setpoint Max Rate です。(例えば最大のランプ・レートが 10 rpm/sec に設定されていて、リモート速度設定のアナログ入力信号が 3600 rpm のレベルから 3700 rpm のレベルに瞬時に変わったなら、速度設定は 3700 rpm に毎秒 10 rpm のレートで変移して行きます。)

この機能に関連する SERVICE モードで調整可能な設定値についての詳細は、このマニュアルの第3巻を参照してください。

リモート速度設定に関連する設定値は全て、Modbus 端末からモニタすることができます。

同期投入

弊社の DSLC(デジタル・シンクロナイザ&ロード・コントロール)を使用すると、発電機の自動同期投入を行うことができます。DSLC を使用する時は、DSLC からの信号を 5009 のアナログ入力に接続して 5009 の速度設定を直接操作する事により、発電機の手速や周波数や位相を増減します。発電機側遮断器の両側の電圧(母線電圧と発電機電圧)をマッチさせる為に、DSLC に電圧レギュレータを接続することができます。電圧レギュレータの接続は、オプションです。

5009 がタービン発電機システムを制御するようにプログラムされていれば、同期速度付近では速度設定の増加／減少をより小刻みに行う為に、特別の速度設定変更レート(同期投入ウインドウ・レート／Synchronizing Rate)で速度設定を変更します。手動で同期操作を行う場合や、オートマチック・シンクロナイザで 5009 の接点入力に速度設定増／減のディスクリット信号を入力して同期操作を行う場合、この機能を使用して速度設定をより正確に制御する事ができます。この同期投入ウインドウ・レートは、発電機側遮断器が「開」で、速度設定が定格速度の±10RPM 以内の時に使用されます。同期投入ウインドウ・レートと上記の同期投入ウインドウ幅は、SERVICE モードで設定・調整可能です。

DSLCL は、単なるシンクロナイザとしても、シンクロナイザの機能が付いた負荷制御装置としても使用可能です。DSLCL を単なるシンクロナイザとして使用する場合は、5009 をプログラムする時に、DSLCL からアナログの速度バイアス信号を受け付ける事ができるように設定しなければなりません。DSLCL で発電機の同期投入だけを行なうように 5009 をプログラムする場合は、プログラム時にアナログ入力のどれかを「Synchronizing input (同期信号入力)」に設定します。「Synchronizing input (同期信号入力)」のレンジとゲインの設定値には、工場出荷時に適切な値が前もって設定されていますが、SERVICE モードでこの設定値を変更する事も可能です。SERVICE モードで変更すると、以前 PROGRAM モードで設定した同期信号入力に関する 4mA と 20mA の設定値 (Analog Input #x の 4 mA Value と 20 mA Value) は間違った値になります。

DSLCL を使用しない場合、外部にシンクロナイザを接続して、外部接点で Sync Enable (同期投入有効) 機能が、このシンクロナイザからの信号を受け付ける事ができるようにします。Sync Enable コマンドは、発電機遮断器が閉じた時に無効になります。このコマンドが 1 度無効になった後でもう 1 度有効にするには、この接点を 1 度開いてから、再び閉じます。通常、タービン・サイトの同期投入制御パネルに 2 極単投 (DPST) スイッチを取り付けて、DSLCL と 5009 に接続し、DSLCL を同期投入モードに切り替えると同時に、5009 も同期投入有効に切り替える事によって、自動同期投入を選択します。

「同期投入有効」のコマンドは、PCI や、(上記の) 外部接点や、Modbus 端末から入力する事ができます。DSLCL の使用法の詳細については、このマニュアルの第 3 巻、もしくは弊社のマニュアル J02007 (DSLCL 操作・調整用マニュアル) を参照してください。

同期投入の ステータス・ メッセージ

- Disabled (無効) — 同期信号入力は無効であり、5009 の速度設定に何の影響も及ぼさない。
- Enabled (有効) — 同期信号入力は有効である。
- In Control (制御中) — 同期信号入力は、5009 の速度設定を操作 (バイアス) している。
- Inhibited (使用不可) — 同期信号入力は、使用不可になっており、入力を有効にする事はできない。同期信号が喪失 (故障) したか、母線側遮断器と発電機側遮断器の両方が閉じているか、タービンがシャットダウンされたか、タービンを通常停止しようとしているか、同期投入の機能が PROGRAM モードで使用するよう設定されていない。

同期投入／ 負荷分担

弊社の DSLCL (デジタル・シンクロナイザ & ロード・コントロール) を使用すると、5009 は母線への自動同期投入や、(同一母線上に接続されている DSLCL と共同して) 他のタービン発電機システムと負荷分担を行う事ができます。DSLCL は、オートマチック・ボルテッジ・レギュレータと一緒に弊社の速度制御装置に接続して、3 相の交流発電機に連結された原動機を制御する為に製作された、マイクロプロセッサ内蔵の発電機負荷制御装置です。

無効電力／力率 (VAR/PF) 制御機能付きの DSLC を使用すると、発電システムは実電力の負荷分担を行うだけでなく、無効電力の負荷分担も行う事ができます。DSLC は、発電機の電圧トランス (PT) と電流トランス (CT) から発電機負荷を、また DSLC の LON ネットワーク (ネットワークに接続された全ての発電機の負荷の総和) から発電システム (発電プラント) 全体の負荷を検出します。DSLC は、デジタル・エシユロン・ネットワーク (LON) を使用して、同一の母線に接続されている他の (速度制御装置を制御している) DSLC と通信を行います。

DSLC を同期投入と負荷制御に使用する時は、DSLC は自動同期投入を行い、5009 内部のベース・ロードの設定値や、発電システム全体の負荷設定の平均値や、プロセス・ループが指定する設定値や、弊社の MS LC (マスタ・シンクロナイザ & ロード・コントロール) が指定する設定値に基づいて発電機の負荷を制御します。

同期投入を行った後、5009 は、DSLC の Sync/Load Share input (同期／負荷分担入力) 機能または 5009 内部の速度／負荷設定機能を使用して発電機負荷の制御を行います。母線に接続されている発電機が負荷を背負うかどうかは、その発電機の母線側遮断器接点の状態により、決ってきます。母線側遮断器接点が閉じている場合、5009 の内部で負荷制御を行い、5009 は速度 PID の設定値を操作して発電機負荷を制御します。場合によっては、発電機負荷を他のシステム・パラメータに基づいて制御するために、カスケード制御モードや補助 (AUX) 制御モードを使用する事もあります。母線側遮断器接点が開いている時は、Sync/Load Share input (同期／負荷分担入力) 機能が選択され、DSLC から送られてくる同期／負荷分担入力信号により、発電機の負荷が決定されます。

DSLC を使用して、5009 で発電機の同期投入と負荷分担を行うには、プログラム時にアナログ入力のどれかを「Sync/Load Share input (同期／負荷分担入力)」に設定しておかなければなりません。DSLC を使用しない場合、外部にシンクロナイザを接続して、外部接点で、Sync Enable (同期投入有効) 機能が、このシンクロナイザからの信号を受付ける事ができるようにします。アナログの同期／負荷分担入力のレンジとゲインの設定は工場出荷時に適切な値が前もって設定されていますが、SERVICE モードでこの設定値を変更する事も可能です。(このマニュアルの第3巻を参照の事。) SERVICE モードでレンジとゲインの設定を変更すると、PROGRAM モードで設定した同期／負荷分担入力に関する 4mA と 20mA の設定値は間違った設定値になります。

「同期投入有効」の機能は、PCI や、(上記の) 外部接点や、Modbus 端末から開始する事ができます。DSLC の使用法の詳細については、このマニュアルの第3巻、もしくは弊社のマニュアル J02007 (DSLC 操作・調整用マニュアル) を参照してください。

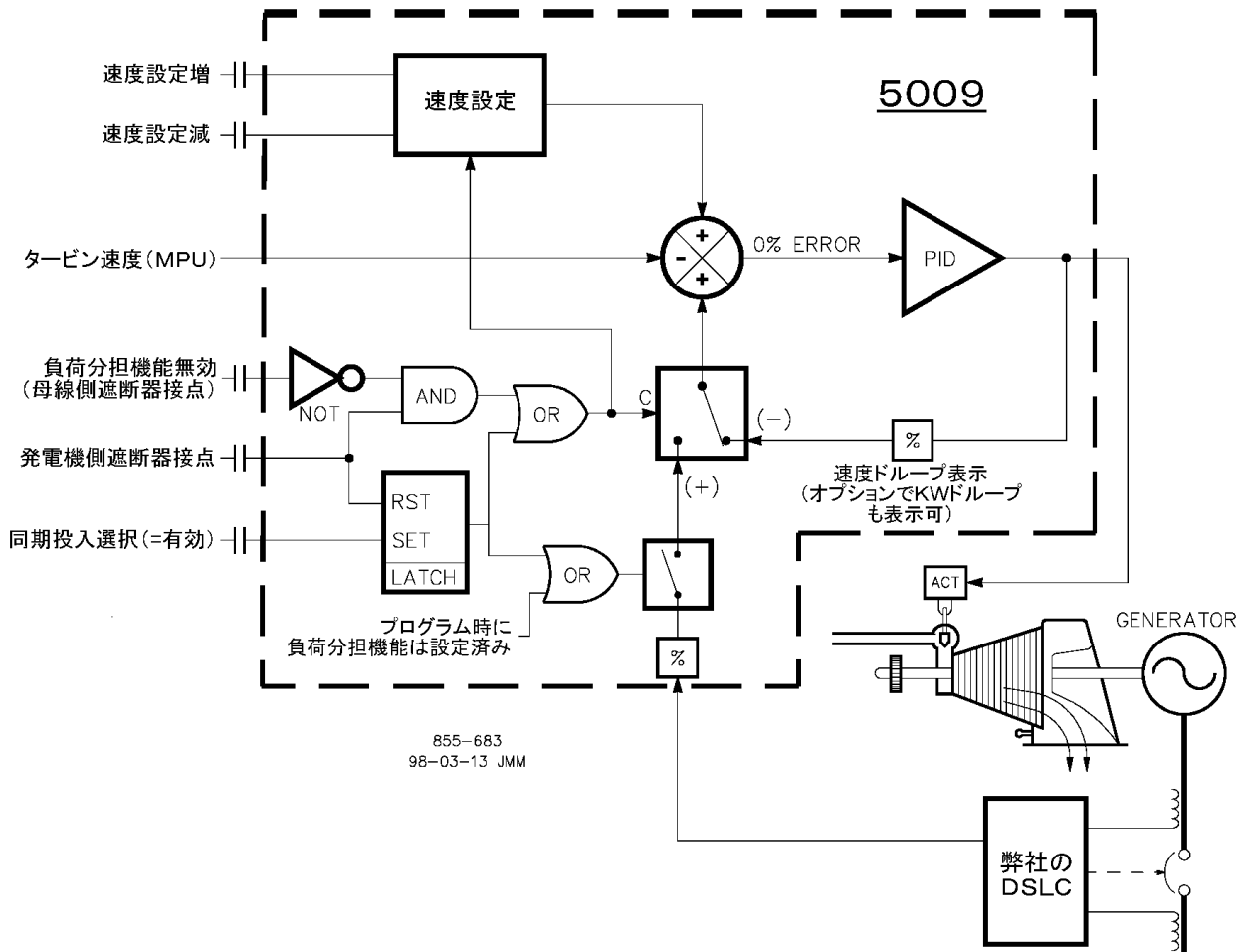


図 5-10. 負荷分担ロジック

5009 の同期投入／負荷分担の動作モードは、母線側遮断器 (補助) 接点と発電機側遮断器 (補助) 接点と同期投入／負荷分担有効 (sync/load share enable) 接点の状態がどうであるかによって決定されます。(表 5-2 を参照の事)

発電機側遮断器の接点が閉じている時は、母線側遮断器接点の入力を使用して、負荷分担の機能を有効にしたり無効にしたりします。母線側遮断器の接点が開いていると、負荷分担の機能が有効になり、5009 内部の速度 PID ドループの機能、カスケード制御の機能、補助制御の機能は全て無効になります(これが、デフォルトの設定です)。反対に、母線側遮断器の接点が閉じていると、負荷分担の機能は無効になり、5009 内部の速度 PID ドループの機能、カスケード制御の機能、補助制御の機能の中で、使用するよう設定されているものならば、どれでも有効になります。

負荷分担の機能は、発電機側遮断器補助接点と母線側遮断器補助接点が両方共指定された状態になった時、「有効」になります。

同期投入／負荷分担有効(sync/load share enable)接点を使用している時は、発電機側遮断器が「閉」になる前に、この接点を閉じて同期／負荷分担アナログ入力を有効にしておきます。発電機側遮断器が閉じた後は、この接点による同期／負荷分担アナログ入力の有効／無効の切り替え機能は働かずになりますから、後で発電機側遮断器が開いた時には、もう一度この接点を操作して、同期／負荷分担アナログ入力を有効にし直さなければなりません。通常、タービン機側の同期投入制御パネルに2極単投(DPST)スイッチを取り付けて、DSLSCを同期投入モードに切り替えると同時に、5009の同期投入／負荷分担有効接点を「有効」側に切り替える事によって、自動同期投入を選択します。

母線側 遮断器接点 のステイタス	発電機側 遮断器接点 のステイタス	同期投入 ／負荷分担信号 有効接点	選択された 速度制御モード	選択されたカスケード制御 または補助制御モード
閉	開	開	速度制御	動作しない
閉	閉	XXX	発電機負荷制御	動作する
開	開	開	速度制御	動作しない
開	開	閉	DSLSC による同期投入	動作しない
開	閉	XXX	DSLSC による負荷分担	動作しない

XXX は、閉でも開でも、どちらでもよい。

表 5-2. 負荷分担制御ロジック

同期投入／ 負荷分担の ステイタス・ メッセージ

- Disabled(無効) — 同期／負荷分担の入力は無効で、5009 の速度設定に何の影響も及ぼさない。
- Enabled(有効) — 同期／負荷分担の入力は有効になっている。
- In Control(制御中) — 同期／負荷分担の入力は、速度設定を操作(バイアス)している。
- Inhibited(使用不可) — 同期／負荷分担の入力は使用不可になっており、正常な入力チャンネルを使用する事ができない。同期／負荷分担入力信号が故障したか、タービンがシャットダウンされたか、タービンを通常停止しようとしているか、同期／負荷分担入力が PROGRAM モードで使用するように設定されていない。

同期投入と負荷分担に関連する設定値は全て、Modbus 端末からモニタしたり、変更したりする事ができます。

抽気タービン、 混気タービン、 抽気／混気タービンの制御

抽気／混気PIDには、圧力／流量トランスデューサからの4-20 mA信号を、3つまで入力する事ができます。抽気／混気PIDは、この3つの信号に付いて多数決をとり、この多数決ロジックで正しいと決定した信号を、内部の設定値と比較して、レシオ／リミッタ・ブロックへの出力信号を作成します。レシオ／リミッタ・ブロックには、速度PIDと補助PIDのLSSバスからの出力と、抽気／混気PIDからの出力が入ります。レシオ制御ロジックは、タービンの性能パラメータを参考にしながら、このふたつの信号がそれぞれの程度タービンの速度／負荷制御に影響すべきかを計算して、その結果に基づいて、HPバルブ出力信号とLPバルブ出力信号を計算します。そして、5009は、タービンの動作点が蒸気マップの境界内に入るように、リミッタ制御ロジックによってふたつの出力をあるレベル以下に制限します。

抽気 PID は、自動的に有効にする事もできますし、手動操作によって有効にする事もできます。抽気制御の機能を有効にするには、LP バルブ・リミッタを 0 %位置まで低下させます。タービン始動後、通常、HP バルブ・リミッタと LP バルブ・リミッタは両方共 100 %になっているはずですが、HP バルブ・リミッタが 100 %開いていなければ、このリミッタは速度／負荷リミッタとして動作するので、ガバナの自動運転を妨害するはずですが、抽気制御が有効になる前に、普通であれば、タービンは定格速度で運転されているか、最小負荷を背負わされて運転されています。また、5009 の内部で抽気 PID が制御を引き継ぐには、関係する抽気制御許可条件 (Extraction permissive) が全て成立しなければなりません。抽気制御の許可条件は、次のとおりです。

- 抽気／混気入力信号が故障していない。
- タービンの実速度がプログラム時に設定された抽気制御許可速度 (Extr/Adm Permissive Speed) 以上になっている。
- 発電機側遮断器が閉じている。(プログラムで設定されている場合)
- 母線側遮断器が閉じている。(プログラムで設定されている場合)

手動操作による抽気制御の始動／停止 抽気制御の機能を手動操作で始動 (有効に) するには、抽気 PID がプロセスの制御を引き継ぐまで LP バルブ・リミッタの設定値をゆっくりと下げて行き、制御を引き継いだら、LP バルブ・リミッタを最小位置 (全閉の位置) まで下げます。LP バルブ・リミッタが完全に閉じていない場合は、LP バルブ・リミッタは抽気制御リミッタとして動作するので、ガバナの自動運転が正常にできなくなります。5009 の LP バルブ・リミッタを下げる前に、然るべき抽気制御の許可条件 (Extraction permissives) が全て成立して、抽気制御が有効になっていなければなりません。

抽気制御の機能を停止 (無効に) するには、抽気 PID がプロセスの制御を行わなくなる所まで、ゆっくりと LP バルブ・リミッタの値を上げて行き、制御を渡したならば、LP バルブ・リミッタを最大位置 (全開の位置) まで上げます。

自動的な抽気制御の始動／停止 抽気制御自動始動 (Use Automatic Enable) を選択すると、抽気／混気制御有効コマンドを入力する事により、自動的に LP バルブ位置を下げる事ができます。抽気／混気制御有効コマンドを受け付けると、5009 は LP バルブ・リミッタを LP バルブ・リミッタ値変更レート (LP valve limiter rate) で自動的に下げます。抽気 PID がプロセスの制御を引き継いだ後、LP バルブ・リミッタは最小位置 (全閉の位置) までそのまま進んで行きます。

抽気制御が自動始動 (Automatic Enable) になっていて、LP バルブ・リミッタが最小位置方向にランプしている時に、(手動操作で適当な設定値を入力するか) LP バルブ・リミッタ増／減のコマンドを一瞬入力すると、LP バルブ・リミッタのランプはいつでも止まります。5009 が抽気制御の自動始動を行なっている時に、これを途中で停止すると、LP バルブ・リミッタのランプも停止します。この時、抽気／混気 PID の出力は有効になったままですから、オペレータが LP バルブ・リミッタを手動で操作して、抽気制御の始動ルーティンを続行する事もできます。抽気制御の自動始動を再開すると、自動始動のシーケンスが再び実行され、LP バルブ・リミッタの値は下がります。プログラム時に、接点入力の中の1個を抽気／混気制御有効／無効に割り付けて、これを使用している場合、自動始動を再開するには、この接点を1度開いてから、再び閉じなければなりません。

5009 は、(上の4つの) 必要な許可条件が全て成立した時のみ、抽気制御有効のコマンドを受け付けます。抽気制御有効／無効のコマンドは、5009 の PCI からでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでも入力できますが、最終的に有効になるのは、この3種類の入力のうちで時間的に最後に入力されたコマンドです。

プログラム時に、外部接点を抽気／混気制御有効／無効に設定すると、この接点が閉じている時に抽気制御が有効になり、接点が開いている時に抽気制御が無効になります。5009 のトリップ条件が解除された時に、この接点は開いているかも知れませんが、閉じているかも知れません。抽気制御を有効にするためには、接点が開いている時は、閉じなければなりません。接点が閉じている時は、1度開いてから閉じなければなりません。

5009 が「抽気制御無効」のコマンドを受け付けると、5009 は LP バルブ・リミッタの値を現在の LP バルブ位置に瞬時に一致させ、それから、LP バルブ・リミッタの値を LP バルブ・リミッタ値変更レート (LP valve limiter rate) で、最大位置 (全開の位置) まで上げて行きます。LP バルブ・リミッタの値を上げて行く途中で、抽気／混気 PID はプロセス (温度、蒸気圧など) を制御しなくなりますが、どこで制御しなくなるかは、タービンの状態によります。

抽気制御が自動停止になって、LP バルブ・リミッタが最大位置方向にランプしている時に、LP バルブ・リミッタ増／減のコマンドを一瞬入力すると、LP バルブ・リミッタのランプはいつでも止まります。5009 が抽気制御の自動停止を実行中に、これを途中で停止した時には、オペレータは、手動操作に切り替えて、バルブ・リミッタを任意の位置に移動させる事もできますし、自動停止のコマンドを再入力して自動停止動作を再開する事もできます。抽気制御の自動停止を再開すると、自動停止のシーケンスが再び開始され、LP バルブ・リミッタの値は最大位置 (全開の位置) まで上がって行きます。抽気制御が自動的に有効になるようにプログラムされている場合でも、必要であればオペレータが手動操作で抽気制御の機能を有効にしたり、無効にしたりする事ができます。

混気タービン、 抽気／混気ター ビンの制御

抽気／混気 PID の機能を有効にする手順は、混気タービン制御の場合でも抽気／混気タービン制御の場合でも同じです。どのような場合でも、タービン・シャットダウン時に混気ラインからタービンに蒸気が流入してこないようにする為に、外部にトリップ・バルブかトリップ&スロットル・バルブ (主塞止弁) を取り付けるなければなりません。

5009 は3つの始動モードのどれかでタービンを始動させた後で、混気制御または抽気／混気制御を実行する事ができます。タービン始動後、HP バルブ・リミッタと LP バルブ・リミッタは普通、両方共全開の位置になっているはずですが、もし、どちらかのリミッタが全開の位置になっていなければ、ガバナの自動運転は正常に行われません。

抽気／混気要求の設定値 他の制御モードから混気制御モードまたは抽気／混気制御モードにシフトに移行するには、混気制御または抽気／混気制御を有効にする前に、混気ラインのトリップ・バルブまたはトリップ&スロットル・バルブの両側の蒸気圧を同じにしなければなりません。混気蒸気ヘッド・ラインから入るタービン内部の混気圧を変更するには、タービンの蒸気流量の要求値を変更しなければなりません、そのためには、抽気／混気要求 (Ext/Adm Demand) の設定値を変更します。オペレータが、タービン内部の混気圧を抽気／混気ラインのトリップ&スロットル・バルブのプラント側の蒸気圧に合わせるには、手動で抽気／混気要求の設定値を変更しなければなりません。

抽気／混気要求の設定値は、混気流量または抽気／混気流量の要求値を手動で操作する為の設定値であり、オペレータは、この設定値を増減して、タービンの混気流量や抽気／混気流量を変更します。抽気／混気 PID が「有効」になっていない場合 (すなわち図 5-11 の E/D LOGIC が OFF)、この流量の要求値は、レシオ／リミッタ・ブロックの P 項の入力になります。抽気／混気流量の要求値のデフォルト値は、混気タービンでは 100 % であり、抽気／混気タービンでは、抽気／混気流量が計算上ゼロになることです。上記の設定値は、全て、PCI の SERVICE モードで変更可能です。

混気制御モードまたは抽気／混気制御モードにバンプレスに移行するには、以下の手順で行ないます。
混気制御および抽気／混気制御開始の手順:

1. 抽気／混気制御有効許可条件 (P105 参照) が成立しているかどうか、確認する。
2. 抽気／混気圧力 (流量) の設定値を、抽気／混気用トリップ & スロットル・バルブのプラント側 (抽気／混気ライン側) の圧力に合わせる。(Setpoint tracking の機能を使用している時は、この手順は省略)
3. タービン内部の抽気／混気圧と抽気／混気ラインのトリップ & スロットル・バルブのプラント側の抽気／混気圧が一致するように、抽気／混気要求値を変更する。
4. 抽気／混気ラインのトリップ & スロットル・バルブを開く。
5. 混気制御または抽気／混気制御の機能を「有効」にする。

混気制御または抽気／混気制御をバンプレスに始動したり停止したりする為の全ての機能は、PCI からでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでも実行する事ができます。5009 は、必要な許可条件が全て成立した時にのみ、混気制御または抽気／混気制御の有効コマンドを受け付けます。有効／無効のコマンドは、PCI からでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでも入力できますが、最終的に有効になるのは、この3種類の入力のうちで時間的に最後に入力されたコマンドです。

プログラム時に、外部接点を「抽気／混気制御の有効／無効」に設定すると、この接点を閉じた時に混気制御または抽気／混気制御の機能が有効になり、接点を開いた時に混気制御または抽気／混気制御の機能が無効になります。5009 のトリップ条件が解除された時に、この接点は開いているかも知れませんが、閉じているかも知れません。混気制御または抽気／混気制御を有効にする為には、接点が開いている時は、閉じなければなりません。接点が閉じている時は、1度開いてから閉じなければなりません。混気制御または抽気／混気制御を通常の方法で無効にするには、以下のように行います。

1. 混気制御または抽気／混気制御を「無効」にする。この時点で、抽気／混気要求の設定値は、抽気／混気制御を停止する直前の抽気／混気 PID の値に移行し、他の PID が抽気／混気 PID から制御を引き継ぐ。そして抽気／混気要求の設定値は、抽気／混気制御を始動する時の1番最初の設定値 (すなわち、混気流量または抽気／混気流量がゼロまたは、ほとんどゼロになる設定値) にランプする。
2. 必要であれば、抽気／混気流量がゼロになるように、抽気／混気要求の設定値を手動操作で調整する。
3. 抽気／混気ラインのトリップ & スロットル・バルブを閉じる。

抽気／混気制御 のステータス・メ ッセージ

- Disabled (無効) — 抽気／混気制御の機能は無効で、この装置の制御動作に何の影響も及ぼさない。
- Enabled (有効) — 抽気／混気制御の機能は有効になっているが、動作中でも制御中でもない。必要な許可条件が成立していない。(速度 < 抽気／混気制御許可速度、または発電機側遮断器か母線側遮断器が「開」)
- Active/Not in Ctrl (動作中／制御中ではない) — 抽気／混気制御は有効になっているが、タービンの動作点が運転領域の境界上にあつて速度優先制御を行なっているか、LP バルブ・リミッタが抽気／混気 PID の出力を抑えている。
- In Control (制御中) — 抽気／混気 PID は、指定されたプロセスを制御している。

- **Active With Remote Setpoint** (動作中／設定値はリモート入力) — 抽気／混気制御は有効になっており、抽気／混気制御の設定値はリモート抽気／混気設定によって操作されているが、タービンの動作点が運転領域の境界上にあって速度優先制御を行なっているか、LP バルブ・リミッタが抽気／混気 PID の出力を抑えている。
- **Control w/Remote Setpoint** (制御中／設定値はリモート入力) — 抽気／混気 PID は、指定されたプロセスを制御しており、抽気／混気制御の設定値はリモート抽気／混気設定によって操作されている。
- **Inhibited** (使用不可) — 抽気／混気制御の機能を有効にする事はできない。抽気／混気入力信号が喪失したか、タービンを通常停止しようとしているか、タービンがシャットダウンされた。

抽気／混気 入力

ある種の制御動作を行なう場合、必要であれば抽気／混気 PID への入力信号を反転する事ができます。しかし、普通の混気タービンや抽気／混気タービンで抽気／混気入力を使用する場合は、反転する必要はないはずです。タービン運転中に抽気／混気信号が喪失(故障)した場合には、5009 がタービンをトリップするようにプログラム時に設定する事もできますし、運転を続行しながら LP バルブを全開の位置、もしくは全開の位置までランプさせたり、LP バルブを信号喪失直前のレベルに保持する事ができます。

5009 が入力信号の喪失を検出すると LP バルブが(全開、または全開方向に)ランプするように設定している場合、LP バルブ・リミッタの値は信号喪失直前の LP バルブの値に即座に設定し直され、それからプログラム時の設定に基づいて、1秒につき1%のレートで全開もしくは全開の位置までランプして行きます。5009 は、4-20mA の抽気／混気入力信号が、2mA 未満になるか、または 22mA を越えると、信号が喪失したと見做して、アラームを発生します。

アナログ入力のフォールト・トレラント・ロジックに付いては、このマニュアルの第2章を参照の事。

抽気／混気 制御のダイ ナミクス

抽気／混気 PID は、専用のダイナミクスを使用します。このダイナミクスの設定値は PROGRAM モードで設定され、PCI や Modbus 端末からいつでも変更可能です。抽気／混気 PID の設定値の調整方法の詳細については、このマニュアルの第5章を参照してください。

抽気／混気 制御のドル ープ

5009 が、あるパラメータの制御を他の外部の制御装置と共同で行なっている場合は、5009 の制御ループの動作を安定させる為に、抽気／混気 PID にドループ・フィードバック信号を入力するように PROGRAM モードで設定する事ができます。このフィードバック信号は、抽気／混気 PID からの出力のパーセント値で指定されるか、レシオ／リミッタの P 項を逆算した値になるか、どちらかです。どちらにするかは、プログラム時に指定します。制御ループに、この2番目のパラメータを導入する事により、抽気／混気 PID の動作は安定し、外部の制御装置と共同で制御しているパラメータに関して、互いに干渉し合う事がなくなります。抽気／混気制御のドループを使用する場合、抽気／混気制御中における、抽気／混気入力信号と 5009 内部の抽気／混気設定の値は、一致しないはずです。この入力信号と抽気／混気設定の値の差は、設定された抽気／混気制御の%ドループの値の大きさと、その時の抽気／混気 PID 出力の大きさによります。抽気／混気 PID にフィードバックされるドループの値は、例えば以下のようになります。

$$\%PID \text{ 出力} \times \text{抽気／混気制御の}\% \text{ドループ値} \times \text{抽気／混気制御の定格設定値} \times 0.0001$$

$$\text{例: } 25\% \times 5\% \times 4137 \text{ kPa (600psi)} \times 0.0001 = 51.71 \text{ kPa (7.5psi)}$$

「抽気／混気制御の定格設定値」のデフォルト値は、抽気／混気設定の最大値ですが、SERVICE モードで調整する事ができます。「抽気／混気制御の%ドループ値」と抽気／混気設定の最大値は、PROGRAM モードで設定されます。%PID 出力は、抽気／混気要求値によって決まってきます。SERVICE モードの設定値の調整方法の詳細については、このマニュアルの第3巻を参照してください。

**抽気／混気
制御の設定
値**

抽気／混気制御の設定値は、5009 の PCI からでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでも調整することができますし、また 4-20mA のアナログ入力信号によって操作する事もできます。また、5009 の PCI や Modbus 端末から、設定値を数値で直接入力する事もできます。抽気／混気制御の設定値を増減できる範囲を、PROGRAM モードの Min setpoint (最小抽気／混気設定) と Max setpoint (最大抽気／混気設定) で設定しなければなりません。ここで指定した範囲を越えて設定値を増減する事はできません。

抽気／混気設定増／減のコマンドを入力すると、抽気／混気制御の設定値は PROGRAM モードで設定した設定値変更レート (Setpoint rate) で変移します。抽気／混気設定増／減のコマンドを3秒以上継続して入力すると、設定値は高速変更レート (fast rate) で変移します。これは、設定値変更レートの3倍の変更レートです。設定値変更レートや高速変更レートや変更レート切替え遅延時間 (fast rate delay) は、全て SERVICE モードで変更・調整可能です。

5009 の PCI や Modbus 端末から、設定値を数値で直接入力する事もできます。設定値を直接入力すると、設定値は PROGRAM モードの設定値変更レートで指定したレートで、入力された設定値にランプして行きます。設定値は、PCI や Modbus 端末から、手動で調節する事もできます。

抽気／混気設定値のトラッキングを行う時 この装置を、混気タービン制御用または抽気／混気タービン制御用にプログラムする時にのみ、この機能を使用する事ができます。他の制御モードから抽気／混気制御モードにコンプレッスに移行する為の操作をより簡単に行いたい場合は、5009 が抽気／混気制御を行っていない時に、抽気／混気設定が抽気／混気 (プロセス) 入力信号のトラッキングを行なうように、PROGRAM モードで設定します。このトラッキングの機能を使用すると、抽気／混気制御が有効になった時に抽気／混気設定と抽気／混気プロセス入力の値が一致していますので、プロセス入力値を設定値に合わせようとして、(抽気／混気 PID が) 急激な補正動作を行なう必要はなくなります。抽気／混気制御が動作し始めると、抽気／混気設定は必要に応じて増減されます。

抽気／混気設定値のトラッキングを行わない時 抽気／混気制御を行なう時に、設定値のトラッキングの機能を使用しないように設定したならば、設定値は (タービン運転中でも停止中でも) 抽気／混気制御が有効であった時の最後の設定値になったままです。このように設定した場合、抽気／混気制御の機能が有効になった時に抽気／混気 (プロセス) 入力信号が抽気／混気設定と一致しなければ、このふたつを一致させようとして、抽気／混気 PID は抽気／混気のプロセス量 (圧力や流量) を増減します。5009 に電源を投入した時に、抽気／混気設定は初期値 (setpoint initial value) にリセットされます。この場合、抽気／混気制御有効許可条件のひとつが成立しなくなるか、抽気／混気制御が無効になると、抽気／混気設定は、後でオペレータが調整し直すまで抽気／混気制御が無効になる直前の設定値になったままです。SERVICE モードでの操作方法とオンラインで調整可能な設定値については、このマニュアルの第3巻を参照してください。抽気／混気制御に関連するパラメータは全て、Modbus 端末で見ることができます。

**リモート抽
気／混気
設定**

5009 のアナログ入力のひとつを、抽気／混気 PID の設定値を操作する為の入力信号に指定する事ができます。プロセス制御装置やプラント内の DCS (分散処理システム) から 5009 の抽気／混気設定を操作する場合は、この信号を使用します。

リモート抽気／混気設定信号で設定値を変動させる事のできる範囲は、PROGRAM モードで入力される「4mA 時の抽気／混気設定の値 (4mA Value)」と「20mA 時の抽気／混気設定の値 (20mA Value)」によって決まります。リモート抽気／混気設定の値が変動する範囲は、SERVICE モードで変更可能です。

リモート抽気／混気設定入力が無効になった時に、この入力信号の値と抽気／混気設定の値は、一致していないかもしれません。この場合、抽気／混気設定はプログラム時に設定された、リモート抽気／混気設定信号の **Not-Matched Rate** (この設定値は **SERVICE** モードで調整可能であり、この設定値のデフォルト値は、抽気／混気の設定値変更レート “**Setpoint Rate**” です。) の変更レートで、リモート抽気／混気設定入力指定した値にランプして行きます。このふたつが一致した後では、抽気／混気設定は常にリモート抽気／混気設定に追従します。リモート抽気／混気設定が **5009** の抽気／混気設定の値を変更する事ができる最大の変更レートは、**PROGRAM** モードのリモート抽気／混気設定最大変更レート (**Rmt Setpoint Max Rate**) で指定した変更レートです。リモート抽気／混気設定最大変更レートを **10** に設定して、リモート抽気／混気設定入力が一気に **0** ユニットから **1000** ユニットに変化した時には、**5009** の抽気／混気設定は毎秒 **10** ユニットの変更レートで **1000** ユニットに向かって増加して行きます。

4-20mA のリモート抽気／混気設定入力信号が、正常な範囲から外れる (**2mA** 未満、または **22mA** を越える) と、アラームが発生します。入力信号が指定された範囲に復帰し、アラームが解除されるまで、リモート抽気／混気設定入力は無効になっています。

リモート抽気／混気設定のメッセージ: リモート抽気／混気設定の動作モードは、以下の各モードのどれかになっています。

- **Disabled (無効)** — リモート抽気／混気設定の機能は無効で、この制御装置の抽気／混気設定に対して何の影響も及ぼしていません。
- **Enabled (有効)** — リモート抽気／混気設定の機能は有効になっているが、リモート制御の為の許可条件が成立していません。
- **Active (動作中)** — リモート抽気／混気設定は、この制御装置の抽気／混気設定を操作しており許可条件も成立しているが、アクチュエータ出力は抽気／混気 **PID** に制御されていません。
- **In Control (制御中)** — リモート抽気／混気設定は、この制御装置の抽気／混気設定を操作しており、アクチュエータ出力は抽気／混気 **PID** に制御されている。
- **Inhibited (使用不可)** — リモート抽気／混気設定を有効にする事ができない。リモート抽気／混気設定入力信号が喪失したか、抽気／混気入力信号が喪失したか、タービンを通常停止しようとしている。

リモート抽気／混気設定が有効になる条件: リモート抽気／混気設定入力と抽気／混気制御を有効にするには、以下のような、3つの方法があります。

- 「リモート抽気／混気設定有効」の外部接点のみを使用する。
- 「リモート抽気／混気設定有効」と「抽気／混気制御有効」の外部接点の両方を使用する。
- 「リモート抽気／混気設定有効」と「抽気／混気制御有効」の外部接点を両方共使用しない。

「リモート抽気／混気設定有効」の接点は使用するが、「抽気／混気制御有効」の接点は使用しないようにプログラムした場合、リモート抽気／混気設定有効の接点を閉じると抽気／混気制御とリモート抽気／混気設定の機能は両方共有効になります。このように **PROGRAM** モードで設定すると、通常の運転モードでこの機能に割り付けられた接点入力を1個だけ閉じると両方の機能が有効になり、開くと両方の機能が無効になります。

「リモート抽気／混気設定有効」と「抽気／混気制御有効」の接点入力を両方共使用するように設定した場合は、それぞれの接点を閉じると対応する機能が有効になります。「リモート抽気／混気設定有効」の接点を閉じるとリモート抽気／混気設定の機能だけが有効になり、「抽気／混気制御有効」の接点を閉じると抽気／混気制御の機能だけが有効になります。「リモート抽気／混気設定有効」の接点を開くとリモート抽気／混気設定の機能だけが無効になり、「抽気／混気制御有効」の接点を開くとリモート抽気／混気設定の機能と抽気／混気制御の機能が両方共無効になります。

「リモート抽気／混気設定有効」と「抽気／混気制御有効」の接点入力を両方共プログラム時に使用するように設定しなかった場合、5009 の PCI もしくは Modbus 端末からこれらの機能を有効にする事ができます。PCI や Modbus 端末からリモート抽気／混気設定と抽気／混気制御の機能を両方共有効にできますので、この場合各機能が有効になる条件は、プログラム時に接点を「両方とも使用する」に設定した場合と同じになります。この機能に関連する SERVICE モードで調整可能な設定値についての詳細は、このマニュアルの第3巻を参照してください。リモート抽気／混気設定に関連する設定値は全て、Modbus 端末からモニタしたり、設定・変更したりする事ができます。

レシオ／リミッタ

5009 で抽気タービン、混気タービン、抽気／混気タービンを制御する時には、レシオ／リミッタ・ロジックを使用します。レシオ／リミッタ・ブロックには、速度 PID (または補助 PID) からの信号と抽気／混気 PID からの信号が入力されます。レシオ・ロジックは、タービン性能パラメータに基づいて、このふたつの入力信号から、HP アクチュエータ出力信号と LP アクチュエータ出力信号のふたつの信号を作成します。リミッタ・ロジックは、タービンの動作点がタービンの蒸気マップの境界内に入り続けるように、HP バルブと LP バルブの位置を制御します。

1段抽気／混気タービンに付いている制御バルブはふたつだけですから、同時に制御する事ができるパラメータはふたつだけです。このようなタービンでは、HP バルブ位置か LP バルブ位置のどちらかが変化すると、その結果、制御されている両方のパラメータも変化しますが、それは、タービンの基本的な構造がそうになっているからです。このバルブ同士 (もしくは制御パラメータ同士) の相互干渉によって、変化してはならないプロセスの方に、余計な変動が発生する事があります。

レシオ・ロジックは、タービンの速度／負荷 (または補助 PID やカスケード PID で制御するプロセス) と抽気／混気の圧力または流量を両方共指定したレベルに保持する為に、HP バルブと LP バルブのバルブ同士の干渉の調整を行います。レシオ・ロジックは、バルブ同士の干渉を調整する事によって、一方の制御プロセスからもう一方の制御プロセスへの影響を最小限に抑えます。制御システムの運転状態が変化して、タービンの動作点が運転領域の限界 (蒸気マップの境界) に到達すると、リミッタ・ロジックが HP バルブや LP バルブの出力をあるレベル以下／以上に制限して、速度／負荷のレベルか抽気／混気のレベルの優先度の高い方を、一定の値に保持します。

あるプロセス (例えば抽気や混気) で要求値の変動があった時に、制御装置が両方のバルブ位置を同時に動かして、変動があったプロセスがもう一方のプロセスに影響を与えないようにしたり、影響を最小限にしたりするような制御動作を行わなければならない場合があります。その為には、5009 で、どのタイプのタービンのどのパラメータを制御しなければならないかをよく検討して、以下のモードの中のどれかを 5009 のレシオ／リミッタ・ロジックの動作モードとして、プログラム時に選択しなければなりません。

レシオ／リミッタ制御ロジックの設定:

- レシオ／リミッタ・ロジック不使用
- HP&LP カップリング (HP&LP 干渉モード)
- 前圧 (INLET/HP) デカップリング (HP 非干渉モード)
- 背圧 (EXHAUST/LP) デカップリング (LP 非干渉モード)
- 前圧&背圧 (HP&LP) デカップリング (HP&LP 非干渉モード)

レシオ／ リミッタ・ ロジック 不使用

5009 をシングル・アクチュエータまたはスプリット・レンジ・アクチュエータのタービンの制御に使用する場合、抽気／混気制御もレシオ／リミッタ・ロジックも使用しません。速度／負荷 PID の出力と補助 PID の出力と HP バルブ・リミッタ値の LSS (低信号選択) によって、アクチュエータ出力の位置決めを行い、補助制御有効／無効の切替えを行う場合、オペレータのコマンドにより、どの信号がアクチュエータの位置決めを行うか選択します。図 3-5、図 3-6、図 3-7 を参照の事。

HP&LP カップリ ング

このモードは、普通、5009 が通常運転でタービンの速度／負荷と抽気／混気の圧力 (または流量) のふたつのパラメータを制御する時に使用します。

この運転モードでは、両方のプロセスが互いに干渉し合わないよう制御する為に、HP バルブ位置と LP バルブ位置を連動して (指定した比率で) 変化させます。タービン負荷と抽気圧／混気圧の制御は、HP バルブと LP バルブを同時に動かす事により行ないます。どちらかのプロセス (負荷または蒸気圧) に変化が生じた時に、その影響でもう一方のプロセス (蒸気圧、流量、発電量) に変化が発生する事を防止しようとして、5009 は HP バルブと LP バルブの両方を同時に動かします。

ほとんどの場合、抽気／混気タービンでは、タービンの速度／負荷と抽気または混気の圧力／流量を一定のレベルに保持しなければなりません。HP バルブ位置か LP バルブ位置のどちらかを変更すると、タービンの速度／負荷と抽気または混気の圧力／流量の両方が変わってきます。タービン負荷または抽気／混気要求のどちらかが変化した時には、タービンの速度／負荷と抽気／混気要求を指定したレベルに保持する為に、HP バルブの位置と LP バルブの位置を両方同時に変更します。両方のバルブの操作量は、プログラム時に設定されたタービンの性能パラメータに基づいて、プロセスやバルブ位置の相互干渉を最小にするように、5009 のレシオ制御ロジックで自動的に計算されます。

HP&LP カップリングの制御動作の詳細については、図 5-12 を参照してください。

前圧 デカップ リング

このモードは、普通、5009 が通常運転でタービンの前圧と抽気圧／混気圧のふたつのパラメータを制御する時に使用します。

この運転モードでは、抽気／混気の流量の変化がタービンの前圧のレベルに影響しないようにする為に、5009 はタービンの HP バルブの位置と LP バルブの位置を、別個に (独立して) 操作します。このモードでは、タービンの抽気圧／混気圧は、LP バルブの位置を変化させる事によってのみ制御されます。このようにプログラムした場合、負荷の制御は行われませんが、タービンの動作点がプログラム (蒸気マップの設定値) で指定したタービンの運転領域の限界を越えるような大きな負荷を、タービンが背負う事はありません。

しかし、タービンの抽気／混気の圧力／流量が、タービンの前圧や入口流量の干渉を受けないようにする為に、タービンの HP バルブと LP バルブの動作のカップリングは行われています。タービンの前圧を制御する場合、HP バルブと LP バルブを両方同時に動かす事によって、抽気圧／混気圧を一定に保持します。どちらかのプロセス(負荷または圧力)に変化が生じた時に、その影響でもう一方のプロセス(圧力、流量、発電量)に変化が発生する事を防止しようとして、5009 は HP バルブと LP バルブの両方を同時に動かします。前圧デカップリング・ロジックの詳細に付いては、図 5-13 を参照してください。

この運転モードでは:

- タービンの前圧の制御を、5009 の補助 PID またはカスケード PID を通じて行ないます。
- 抽気／混気の圧力／流量の制御は、5009 の抽気／混気 PID を通じて行ないます。

背圧 デカップ リング

このモードは、普通、5009 が通常運転でタービンの抽気圧／混気圧とタービンの背圧のふたつのパラメータを制御する時に使用します。

この運転モードでは、抽気／混気の流量の変化がタービンの背圧のレベルに影響しないようにする為に、5009 はタービンの HP バルブの位置と LP バルブの位置を、別個に(独立して)操作します。このモードでは、タービンの抽気／混気の圧力は、HP バルブの位置を変化させる事によってのみ制御されます。

しかし、タービンの抽気圧／混気圧が、タービンの背圧や出口流量の干渉を受けないようにする為に、タービンの HP バルブと LP バルブの動作のカップリングは行われています。タービンの背圧を制御する場合、HP バルブと LP バルブを両方同時に動かす事によって、抽気圧／混気圧を一定に保持します。どちらかのプロセス(負荷または圧力)に変化が生じた時に、その影響でもう一方のプロセス(圧力、流量、発電量)に変化が発生する事を防止しようとして、5009 は HP バルブと LP バルブの両方を同時に動かします。背圧デカップリング・ロジックの詳細に付いては、図 5-14 を参照してください。

この運転モードでは:

- タービンの背圧の制御は、5009 の補助 PID またはカスケード PID を通じて行ないます。
- 抽気圧／混気圧の制御は、5009 の抽気／混気 PID を通じて行ないます。

前圧&背圧 デカップリン グ

このモードは、普通、5009 が通常運転でタービンの前圧と背圧のふたつのパラメータを制御する時に使用します。

この運転モードでは、タービンの HP バルブと LP バルブは、完全に独立して操作されます。HP バルブの位置決めは、5009 の速度 PID やカスケード PID や補助 PID で行ないます。LP バルブの位置決めは、5009 の抽気／混気 PID のみで行ないます。5009 で、HP&LP(前圧&背圧)デカップリングを使用するように設定した場合、タービン出口の蒸気流量の変動の影響を受けずに、前圧の制御を行なう事ができます。このモードでは、タービンの背圧の制御は LP バルブの位置を変化させる事によってのみ行ないます。

タービン出口の圧力／流量が、タービン入口の圧力／流量の干渉を受けないようにする為に、タービンの HP バルブと LP バルブの動作のカップリングは行われません。タービンの前圧を制御する場合、HP バルブのみを動かして、タービン出口の圧力／流量が変化しないようにします。どちらかのプロセス(負荷または蒸気圧)に変化が生じた時に、その影響でもう一方のプロセス(蒸気圧、流量、発電量)に変化が発生する事を防止しようとして、5009 は HP バルブと LP バルブの内の必要な方だけを、個別に動かします。

この運転モードでは、タービンの前圧の制御は、5009 の補助 PID またはカスケード PID のどちらかによって行なわれ、タービンの背圧の制御は、5009 の抽気／混気 PID によって行なわれます。また、このようにプログラムした場合、5009 は負荷の制御を行ないませんので、補助 PID をタービン発電機を保護する為の発電機負荷リミッタとして使用してください。前圧&背圧デカップリング・ロジックの詳細に付いては、図 5-15 を参照してください。

ブロック図の説明

以下に示すブロック図は、各レシオ／リミッタの詳細な構造と、レシオ／リミッタへの入力とレシオ／リミッタからの出力との関係がどうなっているかを表す為のものです。

入力信号「S」は、速度／補助 LSS バスから出力され、速度／負荷 PID や補助 PID やカスケード PID からの要求値を表します。(この信号がどこから来ているかは、図 3-8 と 3-9 を参照の事。) 入力信号「P」は、抽気／混気 PID または抽気／混気要求設定値から出力され、抽気／混気流量の要求値を表示します。どちらが選択されるかは、その時に設定されている動作モードによります。(この信号がどこから来ているかは、図 3-8 と 3-9 を参照の事。) 入力信号「A」は、制御装置内部のデカップリング・マップ・ロジックから出力され、レシオ／リミッタ・デカップリングが選択された時に「真」になります。(この信号がどこから来ているかは、図 3-8 と 3-9 を参照の事。)

入力信号「S」と「P」は、選択された優先順位に基づいて、マップ・リミッタを通過しなければなりません。その後で、各信号は(レシオ・ロジックに inputs されて)、レシオニングの方程式に代入されます。入力信号「S」または「P」の内、リミッタを通されるのは 1 時に 1 個だけです。従って、「速度優先制御」が有効であれば入力信号「P」だけがリミッタを通され、「抽気／混気制御優先」であれば入力信号「S」だけがリミッタを通されます。

5009 は、タービン運転時における各パラメータの限界値付近でバルブを正しく位置決めする為に、これらのリミッタを使用します。リミッタ・ロジックの表記を簡単にする為に、最小リミッタ(HSS バス)と最大リミッタ(LSS バス)は 1 本のバス・ラインで示されています。タービン運転時の各パラメータの限界値に付いては、その限界値の名前と、それが蒸気マップのどの辺に当たるかが、項目名の左端の略図上に図示されています。リミッタ値は全て、入力・設定された蒸気マップの値と(HP アクチュエータと LP アクチュエータの出力値によって決定される) HP バルブと LP バルブの実際の位置に基づいて決められます。

「S」と「P」は、各リミッタを通過した後で、「S'(S-prime)」および「P'(P-prime)」になります。タービンをパラメータの限界値付近で運転していない時は、「S'」と入力信号「S」の値、および「P'」と入力信号「P」の値は同じです。

この制御装置をデカップリング・モードで運転するように設定した場合、あるレシオ／リミッタから別のレシオ／リミッタに移る時にはデジタル・ランプを使用します。デカップリングされたレシオ／リミッタ・モードを普通の仕方で有効にしたり、無効にしたりする場合、あるレシオ／リミッタ(の動作モード)から別のレシオ／リミッタ(の動作モード)に移行する為のランプ動作が完全に終了するまでに 50 秒かかります。タービン発電機制御システムでは、ある制御モードから周波数制御モード(この時、発電機側遮断器または母線側遮断器が「開」)に切り替える時のランプ動作は 40 ミリ秒以内に完了します。

制御装置をデカップリングされたレシオ／リミッタ・モードで動作するように設定した場合、制御装置は、まずカップリングされたレシオ／リミッタ・モードで運転を開始し、補助 PID またはカスケード PID が有効になった時点でデカップリングされたレシオ／リミッタ・モードに切り替わります。リミッタとして動作するように設定された補助 PID は、レシオ／リミッタ(のカップリング・モード／デカップリング・モード)の選択に何の影響も及ぼしません。補助 PID やカスケード PID が無効になった時には、制御装置はカップリングされたレシオ／リミッタ・モードでの運転に戻ります。

HP 出力信号は HP バルブの要求位置信号を表し、制御装置の HP LSS バスに入力されます。(各信号がどのように接続されているかに付いては、図 3-8 と図 3-9 を参照する事。) LP 出力信号は LP バルブの要求位置信号を表し、制御装置の LP LSS バスに入力されます。(各信号がどのように接続されているかに付いては、図 3-8 と図 3-9 を参照する事。)

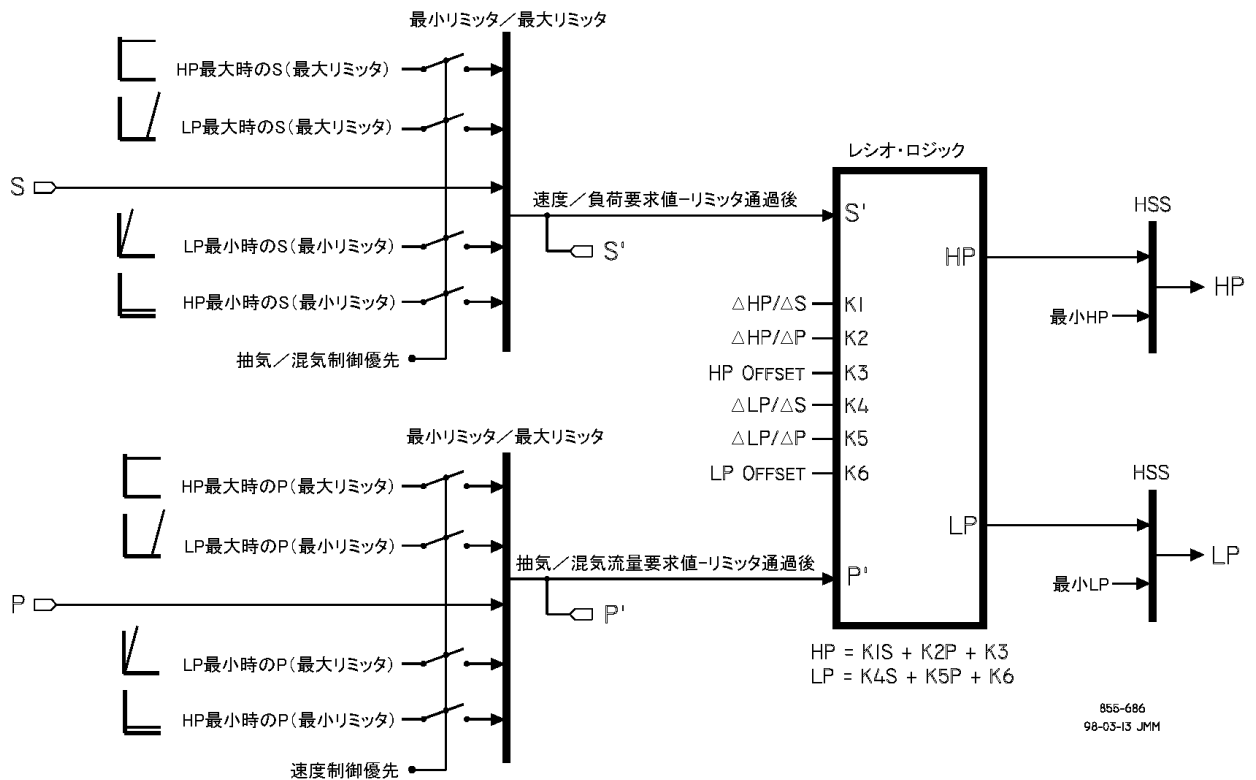


図 5-12. 入口流量(HP)と出口流量(LP)が両方共カップリングされた場合

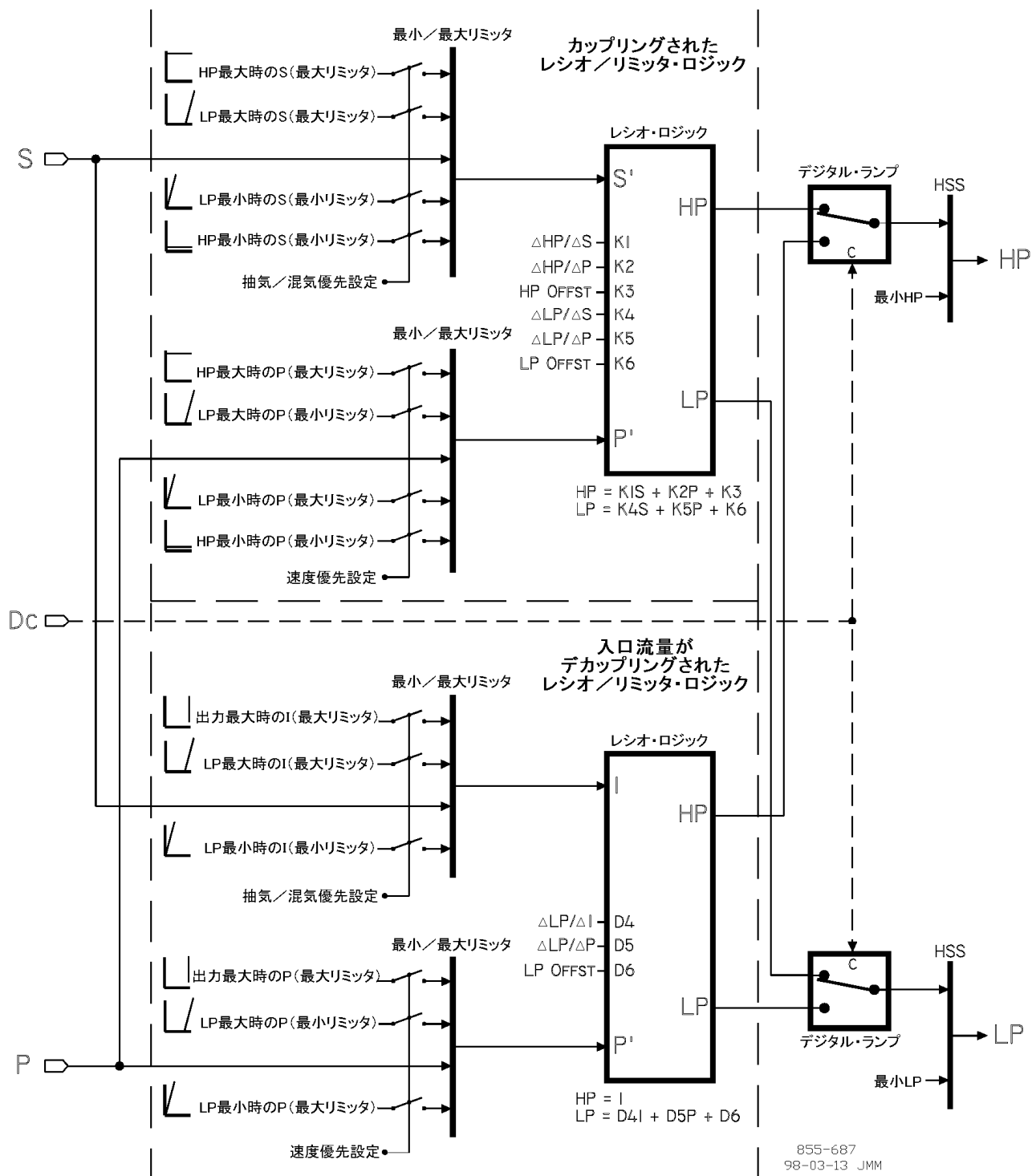


図 5-13. 入口流量(HP)だけがデカップリングされた場合

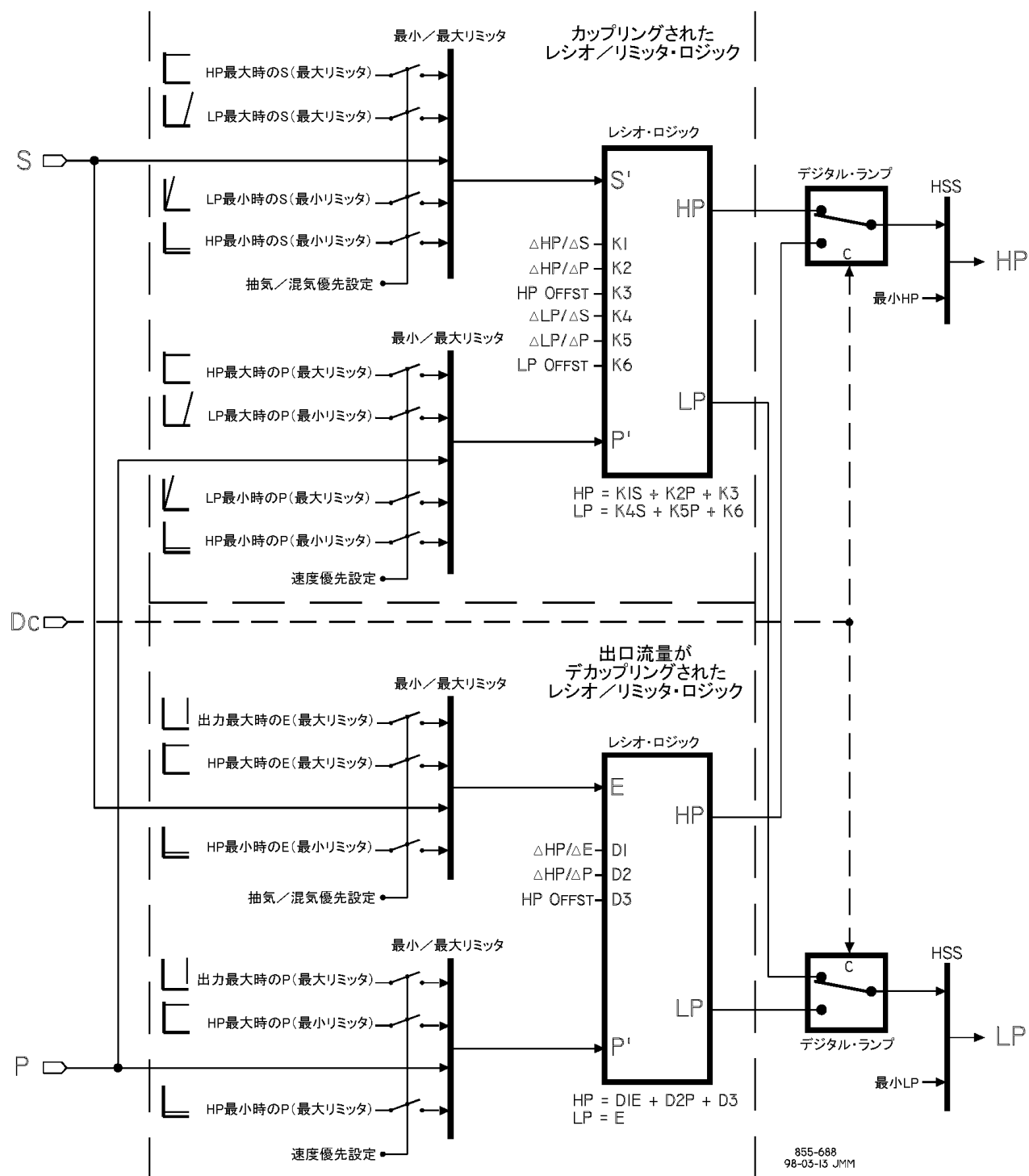


図 5-14. 出口流量(LP)だけがデカップリングされた場合

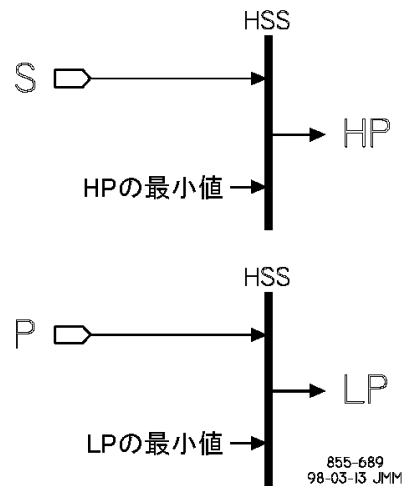


図 5-15. HP と LP が両方共デカップリングされた場合

速度制御と 抽気／混気 制御の優先 順位

抽気タービン、混気タービン、抽気／混気タービンには、ふたつの制御用バルブがあり、これによって同時に2種類のパラメータを制御します。しかし、タービン(の動作点)が運転領域の境界に達した(すなわち1個のバルブが全開または全閉になった)場合には、自由に動かせるバルブはひとつだけです。結果的に、この時 5009 が制御できるパラメータはひとつだけになります。このような運転領域でタービンを運転する時に、5009 はどのパラメータを引き続き制御するか、どのパラメータの制御が優先されるかを、プログラム時に設定する事ができます。

プログラム時に「速度制御優先 (Priority On Map Limits=Speed)」と設定すると、タービンが運転領域の境界に達した時に、5009 は速度／負荷 (もしくはカスケード PID で制御するプロセス、または補助 PID で制御するプロセス) の制御のみを行ないます。プログラム時に 5009 を速度制御優先に設定した場合、5009 は速度／負荷 (もしくはカスケード入力や補助入力) の値を設定値に一致させようとして、抽気／混気の制御を犠牲にします。このように設定した場合、制御システムの条件が変化してタービン(の動作点)が運転領域の境界から離れるまで、5009 は抽気／混気 PID による制御を停止させます。

プログラム時に「抽気／混気制御優先 (Priority On Map Limits= Extraction/Admission w/Auto Priority Switching)」と設定すると、タービン(の動作点)が運転領域の境界に達した時に、5009 は抽気／混気 PID による制御のみを行ないます。このように設定した場合、制御システムの条件が変化してタービンが運転領域の境界から離れるまで、5009 は速度／負荷 (もしくはカスケード PID で制御するプロセス、または補助 PID で制御するプロセス) の制御を停止します。

プログラム時に「速度制御優先」と設定すると、5009 は常に速度制御優先で運転されるようになります。プログラム時に、「抽気／混気制御優先」と設定すると、通常は速度優先制御、LP バルブ位置が最大 (バルブ=全開) になっている時だけは抽気／混気制御優先になります。

制御優先順位自動切替え 5009を抽気／混気制御優先となるようにプログラムする場合、最初に5009が速度制御優先でタービンを立ち上げた後、抽気／混気制御優先を自動または手動で選択するようにプログラムする事ができます。抽気／混気制御優先自動切替え (Extraction/Admission w/Auto Priority Switching)を選択した場合、この制御装置は、以下の条件が全て成立した時に抽気／混気制御優先に自動的に切り替わるようになります。

- LP バルブ・リミッタが 0.00 の位置にある。(抽気／混気制御のみを行うようにプログラムした場合)
- 抽気／混気制御が有効になっている。(混気制御または抽気／混気制御を行うようにプログラムした場合)
- 抽気／混気 PID がアクチュエータ出力を制御中

上の条件のどれかが成立していない時は、速度制御優先が選択されます。

制御優先順位手動切替え 5009は、(上記3項目の)許可条件が全て成立した時に、抽気／混気制御優先選択のコマンドを受け付けます。このコマンドは、5009のPCIからでも、外部接点からでも、Mod-bus 端末からでも入力する事ができますが、最終的に有効になるのは、この3種類の入力のうちで時間的に最後に入力されたコマンドです。

抽気／混気制御優先選択のコマンドを入力する為に接点入力を使用する場合、接点＝「閉」の時、抽気／混気制御優先になり、接点＝「開」の時、速度制御優先になります。5009制御装置にタービン始動コマンドが入力された時に、この接点は開いているかも知れませんが、閉じているかも知れません。この接点が開いている場合、抽気／混気制御優先にする為に接点を閉じなければなりません。タービンのトリップ条件が解除された時に、この接点が閉じている場合、抽気／混気制御優先にする為には、1度接点を開いてから再び閉じなければなりません。どちらの制御が優先するようになっているかは、PCI、または Modbus 端末で見る事ができます。リレーを1個使用して、どちらの制御が優先されているか表示するように、PROGRAM モードで設定する事ができます。(この機能はオプションです。)

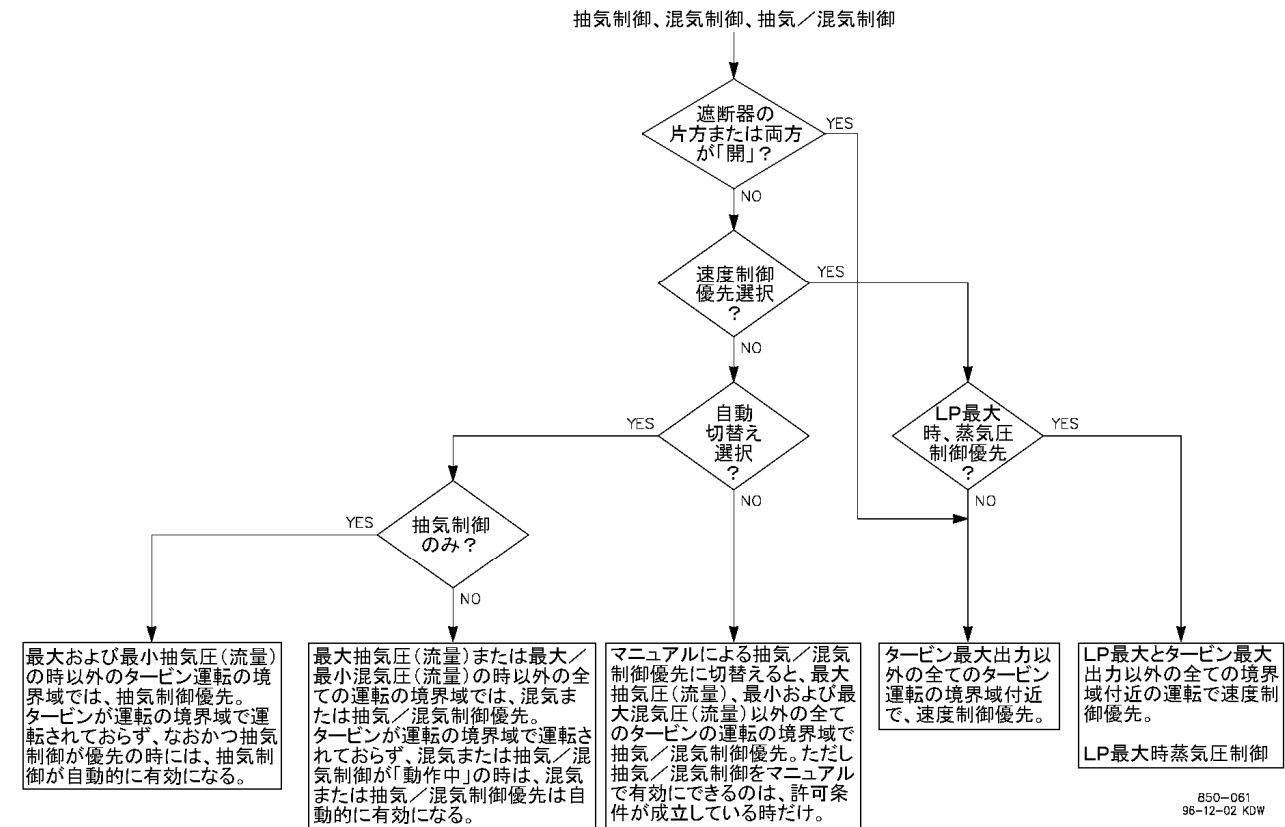


図 5-16. 制御動作の優先順位のフロー・ダイアグラム

補助制御

補助 PID コントローラを使用すると、発電機の出力や、プラントのインポート／エクスポート電力や、タービンの前圧や、タービンの背圧や、ポンプやコンプレッサの吐出圧などのような、タービンの速度や負荷に直接関係する補助的なパラメータを制御したり、ある一定のレベル以下に制限したりする事ができます。補助入力信号(Aux input)は 4-20mA の電流信号です。補助 PID は、この入力信号を補助設定の値と比較して、デジタル LSS バス(低信号選択回路)へ出力します。そして、LSS バスで最も低い信号が選択されて、レシオ／リミッタ制御ロジックに送られます。

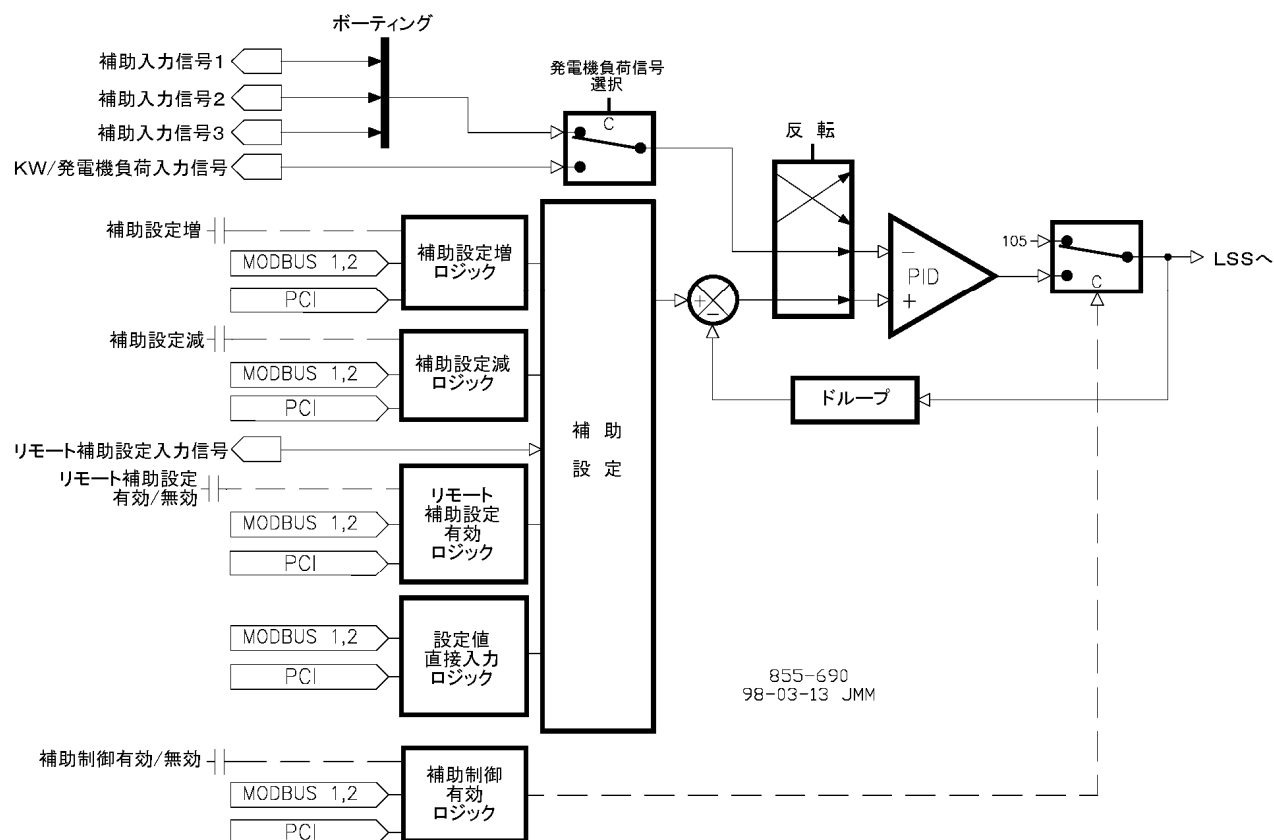


図 5-17. 補助制御概略図

補助制御を
リミッタとし
て使用する
場合

補助制御をリミッタとして使用する場合は、補助 PID からの信号と速度 PID からの信号を一緒に LSS バスに入れて、どちらか低い方を選択する事により、タービンの速度や負荷に直接または間接的に関係するプロセスの動作を制限します。

補助制御がリミッタとして動作するように **5009** をプログラムした場合、補助入力が設定値に到達すると (**LSS** バスに入る補助 **PID** 出力が速度 **PID** 出力より小さくなるので) 補助 **PID** は **LSS** バス出力における上限になります。レシオ／リミッタ・ブロックの動作モードがどのようであっても、補助制御は常にタービン負荷を指定したレベル以下に制限する事ができます。

補助制御の設定値は、電源投入直後のシステム・リセットで、プログラム時に設定された **setpt initial value**(初期値)にリセットされます。この設定値はいつでも調整・変更する事ができ、再び電源投入によるリセットを行わない限りは(タービンが運転中であれば、停止中であれば)ずっと設定された値になったままです。補助制御リミッタは、プログラム時の設定内容およびその時の制御システムの状態に応じて、以下の各ステータスの中のどれか1つになっています。

- **Auxiliary is enabled**(有効) – 補助制御の機能は有効であるが、発電機側遮断器と母線側遮断器に対して指定した条件(遮断器が「閉」)が成立していない。(発電機制御システムのみ)
- **Auxiliary Active/Not Limiting**(動作中、出力の制限はしていない) – 補助制御はリミッタとして動作するようにプログラム時に設定されているが、LSS バスの出力を、この PID で指定するレベル以下に制限していない。

- **Auxiliary Active with Remote Setpoint** (動作中、設定値はリモート入力) — リモート補助入力は 5009 の補助設定を操作しているが、補助制御は LSS バスの出力を、この PID で指定するレベル以下に制限していない。
- **Auxiliary Control with Remote Setpoint** (制御中、設定値はリモート入力) — リモート補助入力は 5009 の補助設定を操作しており、補助制御は LSS バスを指定されたレベル以下に制限している。
- **Auxiliary is Inhibited** (使用不可) — 入力信号の故障により、補助制御を有効にする事ができない。

この装置を発電機制御に使用する場合は、発電機側遮断器や母線側遮断器が開いた時に補助制御が無効になるように、プログラム時に設定する事ができます。

この装置を発電機制御に使用しない場合は、母線側遮断器の状態も発電機側遮断器の状態も補助制御リミッタの動作には何の影響も及ぼさず、補助制御リミッタは常に「動作中」になっています。

補助制御を コントローラ として使用 する場合

補助制御をコントローラとして使用する場合、(接点开／閉などの)コマンドを入力する事によって、補助 PID の機能を有効にしたり無効にしたりする事ができます。5009 をこのように設定した場合、補助制御が有効になると LSS バス出力は直ちに補助制御により完全に制御されるようになり、速度 PID はトラッキング・モードに切り替わります。補助制御が無効になると、速度 PID が直ちに LSS バス出力の制御を引き継ぎます。補助 PID が無効になった時には、補助制御の設定値は補助 PID のプロセス信号(補助入力信号)をトラッキングします。

速度 PID が LSS バスへ入力されている補助 PID をトラッキングするのは、速度／負荷が 100% になる所までです。タービンの速度または負荷が 100% に達すると、速度 PID はタービンの速度や負荷を 100% 以下に制限する事によって、タービンを保護します。補助 PID は、プログラム時の設定内容およびその時の制御システムの状態に応じて、以下の各ステータスの中のどれかになっています。

- **Auxiliary is Disabled** (無効) — 補助制御の機能は無効で、LSS バスに何の影響も及ぼさない。
- **Auxiliary is Enabled** (有効) — 補助制御の機能は有効であるが、発電機側遮断器と母線側遮断器に関する許可条件が成立していない。(発電機制御システムのみ)
- **Auxiliary Active/Not in Control** (動作中、制御中ではない) — 補助制御の機能は有効であり、発電機側遮断器と母線側遮断器に関する許可条件も成立しているが、補助制御(PID)は LSS バスを制御していない。
- **Auxiliary Active with Remote Setpoint** (動作中、設定値はリモート入力) — 補助制御の機能は有効であるが、LSS バスを制御していない。リモート補助設定信号は 5009 の補助設定を操作している。
- **Auxiliary in Control** (制御中) — 補助制御の機能は、LSS バスを制御している。
- **Auxiliary Control with Remote Setpoint** (制御中、設定値はリモート入力) — リモート補助設定は 5009 の補助設定を操作しており、補助制御は LSS バスを制御している。
- **Auxiliary is Inhibited** (使用不可) — 補助制御の機能を有効にする事ができない。補助入力信号が故障したか、5009 が周波数制御を行っているか、タービンを通常停止しようとしているか、タービンがシャットダウンされたか、補助制御の機能が PROGRAM モードで使用するように設定されていない。

5009を発電機制御に使用する場合は、発電機側遮断器または母線側遮断器が開いた時に補助制御が無効になるように、PROGRAM モードで設定する事ができます。5009を発電機制御に使用しない場合は、母線側遮断器の接点入力も発電機側遮断器の接点入力も補助制御の動作には何の影響も及ぼさず、補助制御の機能は常に「動作中」になっています。(この機能のステイタスを「有効」にする事もできます。)

補助制御の機能は、5009のPCIからでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでも有効にしたり無効にしたりする事ができます。機能を有効にするか、無効にするかは、時間的に1番最後に入力されたコマンドによります。PROGRAM モードで(補助制御有効/無効の)外部接点を使用するように設定した場合、外部接点が開いている時は補助制御の機能は無効になり、外部接点が開いている時は補助制御の機能は有効になります。5009のタービン・トリップ条件が解除になった時に、この接点は開いているかもしれませんが、閉じているかもしれません。この接点が開いている時は、補助制御の機能を有効にする為に接点を閉じなければなりません。この接点が開いている場合は、1度開いてから閉じなければなりません。

補助制御の機能を有効/無効切替え可能なコントローラに設定した場合、タービンのシャットダウンが発生すると、この機能は自動的に無効になります。また5009が周波数制御を行っている時には、この機能は「無効かつ使用不可」の状態になります。補助入力へのミリ・アンペア (mA) 信号が正常な範囲を外れる(2mA 未満または 22mA を超える)と、アラームが発生し、入力信号が正常な値に復帰してアラームが解除されるまで、補助制御は「使用不可」になります。補助入力信号が喪失した時に、5009がタービンをシャットダウンさせるようにプログラムで設定する事も可能です。この機能はオプションです。

補助制御のダイナミクス

補助 PID の機能は、動作時に専用のダイナミクスの設定値を使用します。この設定値はプログラム時に設定され、PCI や Modbus 端末から、いつでも変更・調整可能です。このマニュアルの第7章の PID ダイナミクスの調整の項を参照してください。

発電機負荷のリミッタ/コントロール

5009を発電機制御に使用する場合には、発電機の負荷を制限したり制御したりする為に、補助 PID に補助入力信号ではなく KW/発電機負荷信号を入力するように、PROGRAM モードで設定する事もできます。これは、速度 PID が KW ドロップ制御の為に使用する入力信号 (KW 負荷信号) と同じ信号です。このように設定すると、補助 PID が発電機出力に上限を設定したり、出力を制御したりできるようになります。

補助制御ドループ

5009があるパラメータの制御を他の外部の制御装置と共同で行っている場合に、制御ループをより安定に動作させる為に、補助 PID にドループ・フィードバック信号を入力するようにプログラムする事ができます。このフィードバック信号は、LSS バス(ガバナ・バルブ/アクチュエータ出力信号)からのパーセント出力です。制御ループにこの2番目のパラメータを導入する事により、補助制御はより安定に動作するようになり、5009の補助制御と外部の制御装置が共同で制御しているプロセスの制御をめぐって互いに干渉する事がなくなります。補助 PID にフィードバックされるドループの値は、通常以下の式で表わされます。

$$\%LSS \text{ バス出力} \times \% \text{補助制御ドループ} \times \text{最大補助設定値} \times 0.0001$$

例: $25\% \times 5\% \times 4137 \text{ kPa (600psi)} \times 0.0001 = 51.71 \text{ kPa (7.5psi)}$

「%補助制御ドループ」は AUXILIARY CONTROL/LIMITER フォルダの下での Droop のところで、「最大補助設定値」は Max Setpoint のところでプログラム時に設定されます。%LSS バス出力は、補助制御出力要求値(補助 PID 出力)によって決定されます。

反転型の補助制御

ある種の制御動作を行う場合には、補助 PID への入力信号を反転させる事ができます。このような制御が必要になる一例として、補助 PID でタービンの前圧を制御する場合があります。タービンの前圧を高くする為には、タービンの HP バルブの位置を下げなければなりません。

補助制御 の設定値

補助設定の値は、5009 の PCI からでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでも、また 4-20mA のアナログ入力信号によってでも調整・変更する事ができます。PCI や Modbus 端末から、特定の値を直接入力する事もできます。

補助設定の値を増減できる範囲は、PROGRAM モードの「最小補助設定値 (Min Setpoint)」と「最大補助設定値 (Max Setpoint)」で指定します。ここで指定した範囲を越えて補助設定の値を増減する事はできません。

補助設定増／減のコマンドを入力すると、補助設定の値はプログラム時に設定した「補助設定変更レート (Setpoint Rate)」で変移します。補助設定増／減のコマンドを3秒以上継続して入力すると、設定値は高速変更レート (Setpoint Fast Rate) で変化します。これは、補助設定変更レートの3倍の変更レートです。補助設定変更レートや高速変更レートや変更レート切替え遅延時間 (Fast Rate Delay) は、全て SERVICE モードで変更・調整可能です。

5009 の PCI または Modbus 端末から設定値を直接入力して、補助設定の設定値を変更する事もできます。この操作を行うと、設定値は入力された値に補助設定変更レート (Setpoint Entered Rate) で変移して行きます。

5009 の SERVICE モードや Modbus 端末で調整・変更される設定値の詳細については、このマニュアルの第3巻を参照してください。補助制御に関連する設定値は全て、Modbus 端末からモニタしたり、設定・変更したりする事ができます。

リモート 補助設定

アナログ信号を使用して 5009 の補助設定の値を操作する事ができます。この機能を使用する事によって、プロセス制御装置やプラントの分散処理システムが 5009 の補助設定を遠隔操作する事ができます。

リモート補助設定で 5009 の補助設定を増減できる範囲は、プログラム時に指定した「4mA 時の補助設定 (4 mA Value)」の値と「20mA 時の補助設定 (20 mA Value)」の値の間です。リモート補助設定で設定値を動かせる範囲は SERVICE モードで調整可能です。

リモート補助設定のステイタスが「有効」になった時に、リモート補助設定の値は 5009 の補助設定の値と一致していないかも知れません。この場合、補助設定はリモート補助設定の値に補助設定変更レート (Setpoint Rate) で変移して行きます。(この値は、SERVICE モードで設定・変更可能です。) ステイタスが「制御中」になった後で、リモート補助設定が変化した時に、その変化に対応して補助設定がランプする時の最大の変更レートは、プログラム時に設定される最大リモート補助設定変更レート (Rmt Setpoint Max Rate) です。例えば最大リモート補助設定変更レートが 10 に設定されていて、リモート補助設定のアナログ信号が 0 ユニットから 1000 ユニットに瞬時に変わったなら、補助設定は 1000 ユニットに毎秒 10 ユニットのレートで変移して行きます。

リモート補助設定へのミリ・アンペア (mA) 信号が正常な範囲を外れる (2mA 未満または 22mA を超える) と、アラームが発生し、入力信号が正しい値に復帰してアラームが解除されるまで、リモート補助設定の機能は「使用不可」の状態になっています。リモート補助設定は、プログラム時の設定内容およびその時の制御システムの状態に応じて、以下の各ステイタスの中のどれかになっています。(5009 の PCI にメッセージとして表示されます。)

- **Disabled (無効)** — リモート補助設定の機能は無効で、補助設定に対して何の影響も及ぼさない。

- **Enabled**(有効) — リモート補助設定の機能は有効であるが、指定した許可条件が成立していない。
- **Active**(動作中) — リモート補助設定の機能は有効になっており、指定した許可条件も成立しているが、補助 PID が 5009 の LSS バスを制御していない。
- **In Control**(制御中) — リモート補助設定は補助設定の設定値を操作しており、補助 PID は 5009 の LSS バスを制御している。
- **Inhibited**(使用不可) — リモート補助設定を有効にする事ができない。リモート補助設定の入力信号が喪失したか、補助制御のステータスが「使用不可」になっているか、プログラム時にリモート補助設定の機能を使用するように設定していない。

リモート 補助設定 が有効に なる条件

リモート補助設定の機能は、5009 の PCI からでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでも有効にしたり無効にしたりする事ができます。この機能を有効にするか無効にするかは、時間的に1番最後に入力されたコマンドによります。どの方法により入力されたかは関係ありません。接点入力のひとつを使用して、リモート補助設定の入力および機能を有効にしたり無効にしたりするように、プログラムで設定する事ができます。リモート補助設定の機能は、この接点が開いている時には無効で、この接点が閉じている時には有効です。5009 のタービン・トリップ条件が解除になった時に、この接点は開いているかもしれませんが、閉じているかもしれません。この接点が開いている時は、リモート補助設定の機能を有効にする為に接点を閉じなければなりません。この接点が閉じている場合は、1度開いてから閉じなければなりません。

補助 PID がリミッタとして動作するようにプログラムで設定した場合、リモート補助設定の機能は 5009 が START モードになった時にはいつでも有効にする事ができます。

「補助制御をコントローラとして使用する(enable/disableを使用する)」ようにプログラムで設定した場合、リモート補助設定の機能と補助制御の機能を有効にするには、以下の3つの方法があります。

- 「リモート補助設定有効」の接点入力のみを使用する。
- 「リモート補助設定有効」と「補助制御有効」の接点入力を両方共使用する。
- 「リモート補助設定有効」と「補助制御有効」の接点入力を両方共使用しない。

「リモート補助設定有効」の接点入力のみを使用するようにプログラムした場合、この入力を「有効(接点＝閉)」にすると補助制御とリモート補助設定の機能は両方共有効になります。このようにプログラムで設定すると、通常の運転モードで、指定された接点入力を1個だけ「有効」側に倒すと両方の機能が有効になります。

「リモート補助設定有効」と「補助制御有効」の接点入力を両方共使用するようにプログラムで設定した場合、それぞれの接点入力を有効(接点＝「閉」)にすると対応する機能が有効になります。「リモート補助設定有効」の接点を閉じるとリモート補助設定の機能だけが有効になり、「補助制御有効」の接点を閉じると補助制御の機能だけが有効になります。「リモート補助設定有効」の接点を開くとリモート補助設定の機能だけが無効になり、「補助制御有効」の接点を開くとリモート補助設定の機能と補助制御の機能が両方共無効になります。しかし、もし補助 PID が「制御中」の状態になる前に「補助制御有効」の接点を開くと、補助制御の機能だけが無効になります。

「リモート補助設定有効」と「補助制御有効」の接点入力を両方共プログラム時に指定しなかった場合、これらの機能を有効にするには、5009 の PCI もしくは Modbus 端末から適当なコマンドを入力しなければなりません。PCI や Modbus 端末からでもリモート補助設定と補助制御の機能を両方共有効または無効にする事ができますが、この場合、PROGRAM モードで「両方とも使用する」に設定された時と同じ動作になります。

SERVICE モードで調整可能な設定値で、この機能に関連する設定値についての詳細は、このマニュアルの第3巻を参照してください。リモート補助設定に関連する設定値は全て、Modbus 端末からモニタしたり、設定・変更したりする事ができます。

カスケード制御

カスケード制御の機能は、5009 でタービンの速度や負荷に影響される、ある種のシステム・プロセスを制御する為に使用します。通常、カスケード制御機能は、タービンの前圧や背圧を制御するようにプログラムで設定されます。

カスケード制御は、速度 PID にカスケード接続された PID コントローラで行います。カスケード PID は、4-20mA のプロセス信号と制御装置内部のプロセス設定の値を比較して、その結果に応じて速度設定を直接増加／減少させ、こうしてタービンの速度や負荷を変化させる事によって、プロセス信号とプロセス設定値が一致するように制御します。このようにして2つの PID をカスケード接続する事により、5009 があるパラメータ(速度など)を基にタービン発電機システムを制御している時に、別のパラメータ(前圧など)を基にタービンを制御するようになりたい場合に、制御パラメータの切り替えがインプレスに行なわれるようになります。

この機能を使用するように設定した時に、カスケードPIDが5009の速度設定を変更する事ができる、最大の設定値変更レートは、PROGRAMモードで設定される速度設定最大変更レート(Speed Setpoint Rate (max))です。

カスケード制御機能は2次的な速度設定機能ですから、カスケード制御機能がアクチュエータ出力を制御するには、LSS バス出力が速度 PID によって操作されており、5009 は速度 PID によって制御されていなければなりません。(つまり、アクチュエータ位置がバルブ・リミッタなどに引っ掛かっていない事。) 5009 が発電機制御に使用されている場合は、カスケード PID がプロセス制御を開始する前に、母線側遮断器と発電機側遮断器を両方とも閉じておかねばなりません。5009 が発電機制御に使用されていない場合は、タービン速度がミニマム・ガバナ速度を越えていなければ、カスケード PID がプロセス制御を開始する事はできません。

カスケード制御の機能は、5009 の PCI からでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでも有効にしたり無効にしたりする事ができます。機能を有効にするか、無効にするかは、時間的に1番最後に入力されたコマンドによります。どの方法で入力されたかは関係ありません。

PROGRAM モードで、ある接点入力をカスケード制御有効／無効接点として設定した場合、この接点が開いている時には、カスケード制御の機能は無効になり、この接点が閉じている時には、カスケード制御の機能は有効になります。5009 のタービン・トリップ条件が解除になった時に、この接点は開いているかもしれませんし、閉じているかもしれません。この接点が開いている時は、カスケード制御の機能を有効にする為に接点を閉じなければなりません。この接点が閉じている時は、1度開いてからカスケード制御の機能を有効にする為に閉じなければなりません。

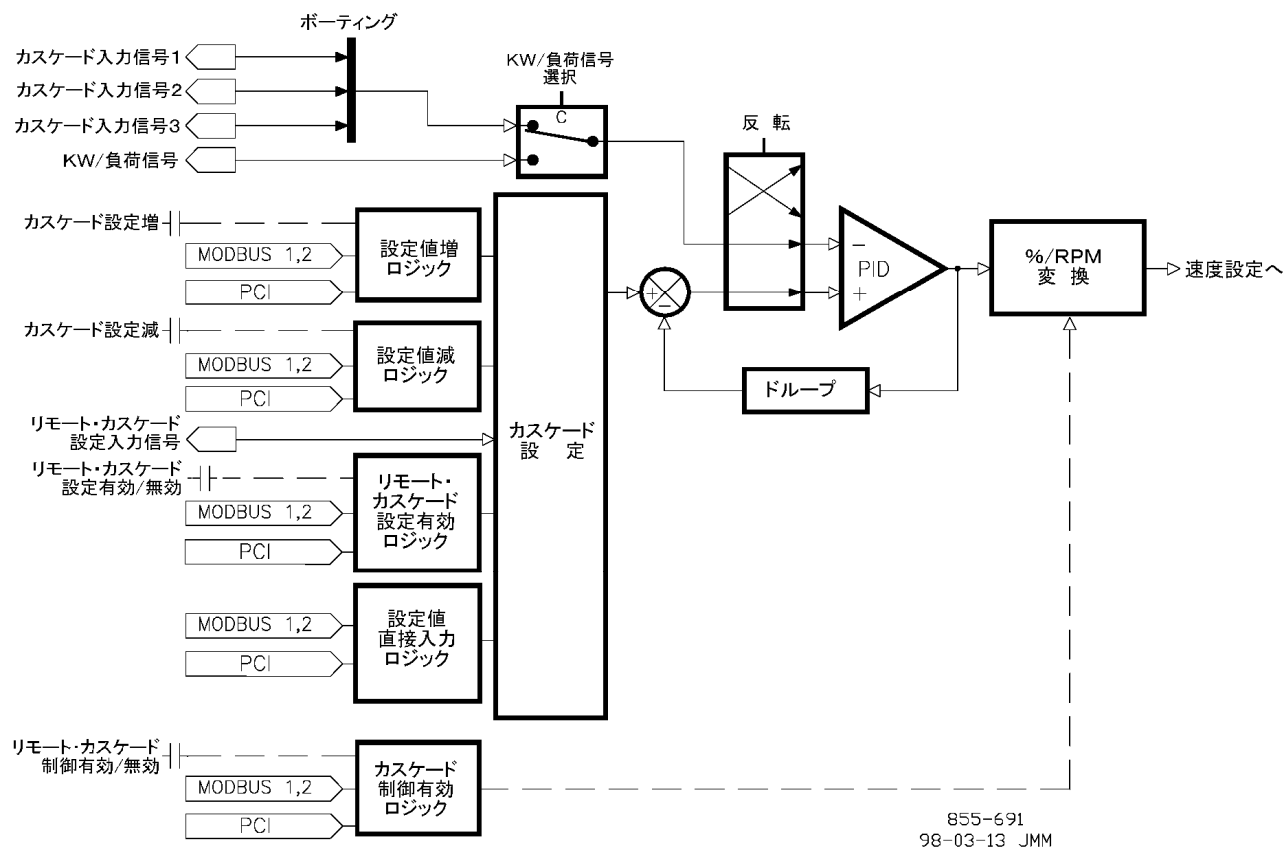


図 5-18. カスケード機能概略図

カスケード制御 のステータス・ メッセージ

- Cascade is Disabled(無効)** — カスケード制御機能は無効で、制御装置の速度設定に対して何の影響も及ぼさない。
- Cascade is Enabled(有効)** — カスケード制御機能は有効になっているが、動作中でもなければ、速度設定を操作中でもない。動作する為の許可条件が成立していない。(すなわち、タービン速度 < ミニマム・ガバナ速度、または発電機側遮断器・母線側遮断器が「開」である。)
- Cascade Active/Not in Speed Control(動作中/速度制御はなし)** — カスケード制御機能は有効になっているが、速度 PID が LSS バス出力を操作していない。(つまり、5009 のアクチュエータ出力は、補助制御またはバルブ・リミッタ制御に操作されている。)
- Cascade is In Control(制御中)** — カスケード制御機能は 5009 の LSS バス(およびアクチュエータ出力)を制御している。
- Cascade Active with Remote Setpoint(動作中/設定値はリモート入力)** — カスケード制御機能が有効になっており、カスケード設定の値はリモート・カスケード設定信号によって操作されているが、速度 PID が 5009 の LSS バスを制御していない。
- Cascade Control with Remote Setpoint(制御中/設定値はリモート入力)** — カスケード設定の値はリモート・カスケード設定信号によって操作されており、カスケード制御機能は(速度 PID を経由して) 5009 の LSS バスを制御している。
- Cascade is Inhibited(使用不可)** — カスケード制御機能を有効にする事ができない。カスケード信号が喪失したか、タービンを通常停止しようとしているか、タービンがシャットダウンされたか、カスケード制御の機能が PROGRAM モードで使用するよう設定されていない。

カスケード制御の機能は、タービンがシャットダウンされると自動的に無効になります。これを再び有効にするには、タービンが正常に立ち上がった後で設定値を「有効」に設定し直さなければなりません。カスケード制御の機能は、5009 のリモート速度設定が「有効」になっている時、または外部から有効／無効に切替える事ができる補助制御機能が「有効」になっている時は、無効になります。ただし LSS バスに信号を入力している他の PID が、速度 PID に代わってアクチュエータ出力を制御するようになって、カスケード制御機能は「動作中」になっており、速度 PID の出力値が LSS バスに接続されている信号の中で最低になった時には、カスケード制御機能が再びアクチュエータ出力を制御するようになります。

カスケード制御機能に関連する設定値は全て、Modbus 端末からモニタしたり、設定・変更したりする事ができます。

カスケード・ダイナミクス

カスケード PID 制御は、専用のダイナミクスの設定値を使用します。この設定値は、プログラム時に設定され、PCI や Modbus からいつでも変更する事ができます。詳細については、第6章の PID ダイナミクスの調整の項を参照してください。

カスケード設定値

カスケード設定では、5009 の PCI や外部接点や Modbus 端末や 4-20 mA アナログ設定信号を用いて、設定値を増加／減少する事もできます。5009 の PCI や Modbus 端末から新しい設定値を直接入力する事もできます。

カスケード設定を増減できる範囲は、PROGRAM モードで指定します。

カスケード設定増／減のコマンドを入力すると、設定値はプログラム時に設定された「カスケード設定変更レート(Setpoint Rate)」で変移します。カスケード設定増／減のコマンドを3秒以上続けて入力すると、カスケード設定の値は、高速変更レート(Setpoint Fast Rate)で変移します。これは、カスケード設定変更レートの3倍のレートです。カスケード設定変更レート、高速レート切替え遅延時間(Fast Rate Delay)、高速変更レートは SERVICE モードで調整可能です。

5009 の PCI または Modbus 端末から設定値を直接入力して、カスケード設定の値を変更する事もできます。この操作を行うと、設定値は入力された値に、SERVICE モードで設定されたカスケード設定変更レート(Setpoint Entered Rate)で変移して行きます。

5009 の SERVICE モードや Modbus 端末で調整・変更される設定値の詳細については、このマニュアルの第3巻を参照してください。SERVICE モード内のカスケード制御に関連する設定値は全て、5009 制御装置がシャットダウン・モードまたは START モードにある時に、設定・変更する事ができます。

カスケード設定値のトラッキング

5009 がタービンの速度／負荷制御からカスケード制御にシムプレスに移行できるようにする為に、カスケード制御が無効になっている時にカスケード PID がその制御用プロセス信号をトラッキングするように、PROGRAM モードで設定する事ができます。このトラッキング機能をプログラムした場合、(他のモードからカスケード制御モードに切り替わって)カスケード PID の機能が有効になった時点で(トラッキングで入力信号と設定値が一致している為に)カスケード PID の出力は安定しているので、(制御モード切替え時の)タービン速度や負荷の補正を行なう為の速度変動は発生しません。カスケード設定値の操作は、カスケード制御機能を有効にした後で行います。

カスケード設定値のトラッキングを行わない場合

カスケード制御で設定値をトラッキングする機能がプログラムされていなければ、カスケード制御が無効の時は、設定値は(タービン運転中であれ、停止中であれ)カスケード制御モードから切り替えられる直前の値になったままです。カスケード設定の値は、5009 に電源を投入した直後には初期値(Setpoint Initial Value)に初期化されます。カスケード制御機能が有効になった時にプロセス制御信号が設定値と一致していなければ、カスケード制御は、設定値と入力信号が一致するまで、指定されたレート(Not Matched Setpt Rate)でタービンの速度または負荷を増加／減少させます。

カスケード制御を行っている時に、許可条件のひとつが成立しなくなるか、カスケード制御が無効になったなら、5009 の速度設定は、他の要因によって速度設定が変更されるまで 5009 がカスケード制御を行わなくなる直前の値になったままです。

カスケード・ドループ

5009 があるパラメータの制御を他の外部の制御装置と共同で行っている場合に、カスケード PID にドループ・フィードバック信号を入力して、制御ループの動作をより安定にすることができます。このフィードバック信号は、カスケード PID からのパーセント出力です。カスケード・ドループの機能を使用する場合、5009 がカスケード制御を行っている時は、カスケード入力信号の値とカスケード設定の値は一致しないはずです。入力信号と設定値の差は、プログラムで設定されたドループの量（パーセント値）とカスケード PID からの出力値によって決まります。カスケード PID にフィードバックされるドループの値は、通常以下の式で表わされます：

$$\%PID \text{ 出力} \times \% \text{カスケード・ドループ} \times \text{カスケード設定の最大値} \times 0.0001$$

$$\text{例: } 25\% \times 5\% \times 4137 \text{ kPa (600psi)} \times 0.0001 = 51.71 \text{ kPa (7.5psi)}$$

「%カスケード・ドループ」は Droop のところで、「カスケード設定の最大値」は Max Casc Setpoint のところでプログラム時に設定されます。%PID 出力は、カスケード出力要求値（カスケード PID からの出力）によって決定されます。

関連する設定値を SERVICE モードでどのように調整するかについては、このマニュアルの第3巻を参照してください。

反転型のカスケード制御

カスケード制御を反転させて行なう必要がある場合、カスケード PID への入力信号を（5009 の内部で）反転する事ができます。カスケード信号が大きくなるにつれて、ガバナ・バルブへの制御出力が減少するようにしたい場合は、プログラム時に「Invert Cascade Input? (カスケード信号反転)」を Yes に設定します。このような制御が必要になる一例として、カスケード PID でタービンの前圧を制御する場合があります。入力パラメータ（タービンの前圧）を大きくする為には、タービンのガバナ・バルブの位置を引き下げなければなりません。

リモート・カスケード設定値

アナログ信号を使用してカスケード PID の設定値を操作する事ができます。従って、プロセス制御装置やプラントの分散処理システムが 5009 のカスケード設定を遠隔操作する事ができます。

リモート・カスケード設定 (RCS) で設定値を増減できる範囲は、この機能をプログラムする時に指定した「4mA 時の設定値 (4mA Value)」と「20mA 時の設定値 (20mA Value)」の間です。リモート・カスケード設定で設定値を動かせる範囲は SERVICE モードで調整可能です。

リモート・カスケード設定の機能は、5009 の PCI からでも、外部接点からでも、Modbus 端末からでも有効にしたり無効にしたりする事ができます。機能を有効にするか、無効にするかは、時間的に1番最後に入力されたコマンドによります。

リモート・カスケード設定入力へのミリ・アンペア信号が正常な範囲を外れる（2mA 未満または 22mA を超える）と、アラームが発生します。入力信号が正しい値に復帰してアラームが解除されるまで、リモート・カスケード設定入力は「使用不可」になります。

リモート・カスケード設定のメッセージ

リモート・カスケード設定は、プログラム時の設定内容およびその時の制御システムの状態に応じて、以下の各ステータスの中のどれかになっています。

- **Disabled (無効)** — リモート・カスケード設定の機能は無効で、制御装置のカスケード設定に対して何の影響も及ぼさない。
- **Enabled (有効)** — リモート・カスケード設定の機能は有効であるが、制御装置はカスケード制御を行っていない。（発電機側または母線側の遮断器が閉じていないか、タービン速度 < ミニマム・ガバナ速度であるか、まだカスケード制御の機能がアクチュエータ出力の制御を引き継いでいない。）

- **Active**(動作中) — リモート・カスケード設定はカスケード設定の値を操作しているが、カスケード制御の機能がアクチュエータ出力の制御を引き継いでいない。カスケード制御の機能は有効になっており、リモート・カスケード設定はカスケード設定の値を操作しているが、速度 PID が 5009 の LSS バスを制御していない。
- **In Control**(制御中) — カスケード制御の機能は(速度 PID を通して)5009 の LSS バス(およびアクチュエータ出力)を制御しており、リモート・カスケード設定はカスケード設定の値を操作している。
- **Inhibited**(使用不可) — リモート・カスケード設定を有効にする事ができない。リモート・カスケード設定信号が故障したか、カスケード信号が故障したか、タービンを通常停止しようとしているか、タービンがシャットダウンされたか、リモート・カスケード設定の機能を使用するように、プログラム時に設定していない。

このステータスが「有効」になった時に、リモート・カスケード設定の値は 5009 のカスケード設定の値と一致していないかも知れません。この場合、カスケード設定はリモート・カスケード設定の設定値にカスケード設定変更レート(Not-Matched Setpt Rate)で変移して行きます。(この変更レートは SERVICE モードで変更可能です。)ステータスが「制御中」になったならば、リモート・カスケード設定の値が変化した時に、その変化に対応してカスケード設定がランプする時の最大のランプ・レートは、リモート・カスケード設定最大変更レート(Rmt Setpoint Max Rate)です。例えばカスケード設定変更レートが 10 に設定されていて、リモート・カスケード設定のアナログ入力信号が 0 ユニットから 1000 ユニットに瞬時に変わつたなら、カスケード設定は 1000 ユニットに毎秒 10 ユニットのレートで増加して行きます。

リモート・カスケード設定が有効になる条件

リモート・カスケード設定の機能とカスケード制御の機能を有効にするには、以下の3つの方法があります。

- 「リモート・カスケード設定有効」の接点入力のみを使用する。
- 「リモート・カスケード設定有効」と「カスケード制御有効」の接点入力を両方とも使用する。
- 「リモート・カスケード設定有効」と「カスケード制御有効」の接点入力を両方とも使用しない。

「リモート・カスケード設定有効」の接点入力だけを使用するようにプログラムした場合、この入力を「有効」(接点＝閉)にするとカスケード制御とリモート・カスケード設定の機能は両方共有効になります。このようにプログラムで設定すると、通常の運転モードでこの接点入力を1個だけ「閉」にすると、両方の機能が有効になり、「開」にすると両方の機能が無効になります。

「リモート・カスケード設定有効」と「カスケード制御有効」の接点入力を両方共使用するように設定した場合は、それぞれの接点を閉じると対応する機能が有効になります。「リモート・カスケード設定有効」の接点を閉じるとリモート・カスケード設定の機能だけが有効になり、「カスケード制御有効」の接点を閉じるとカスケード制御の機能だけが有効になります。「リモート・カスケード設定有効」の接点を開くとリモート・カスケード設定の機能だけが無効になり、「カスケード制御有効」の接点を開くとリモート・カスケード設定の機能とカスケード制御の機能が両方共無効になります。しかし、もしカスケード PID が「制御中」の状態になる前に「カスケード制御有効」の接点を開くと、カスケード制御の機能だけが無効になります。

「リモート・カスケード設定有効」と「カスケード制御有効」の接点入力を、両方共プログラム時に設定しなかった場合には、これらの機能は 5009 の PCI もしくは Modbus 端末から有効にします。PCI や Modbus 端末からリモート・カスケード設定とカスケード制御の機能を両方共有効にできますが、この場合、各機能が有効になる条件は、プログラム時に「両方とも使用する」に設定された場合と同じになります。

5009 の SERVICE モードで調整・変更される設定値の詳細に付いては、このマニュアルの第3巻を参照してください。リモート・カスケード設定に関連する設定値は全て、Modbus から調整可能です。

非常停止

非常停止が発生すると、HP バルブ出力信号および LP バルブ出力信号は 0mA へ低下し、シャットダウン・リレーは非励磁になります。

シャットダウン要因の受付順表示: この制御装置では、非常停止の原因を区別する為に、最大 10 個までの接点入力を非常停止入力用に **PROGRAM** モードで指定する事ができます。非常停止信号を 5009 に接続する時に、複数の非常停止用接点を 1 本の信号線に直列に接続するのではなく、各接点からの信号線を並列に 5009 に配線する事により、トリップの原因をそれぞれ個別に表示する事ができると同時に、特定の非常停止(入力)信号をそのまま(トリップ&スロットル・バルブを閉じる為の)出力リレーに接続する事ができるようになります。トリップの原因は全て、5009 の PCI および Modbus 端末から見る事ができます。この 10 個の接点入力を、非常停止入力ではなく、アラーム入力として設定し、これによってアラームを発生させる事もできます。

最初に発生したタービン・トリップの原因は、制御装置内部に記憶され、トリップ発生後には何時でも見る事ができます。5009 では、最大 20 個のトリップ原因を記憶する事ができ、このトリップ原因は PCI プログラムの **Trip History Folder** に表示されます。このトリップの原因は、1 度記憶されると 5009 をリセットしても消える事はありません。従って、タービン制御システムをリセットして再始動してから何日も経った後でも、トリップ原因が何であったかオペレータが確かめる事ができます。

「トリップ出力リレー(リレー1)」は、タービン・ユニットのトリップ・オイル・ヘッダ・ソレノイドまたはトリップ制御回路に接続する為の出力信号です。プログラム時に別のリレーをトリップ・リレーとして指定すると、そのリレーは、(通常励磁、シャットダウン時非励磁の)専用のトリップ・リレーとして動作する事により、シャットダウン専用リレーの状態を表示します。

「シャットダウン条件リレー」は、遠隔操作パネルやプラント内の分散処理システム(DCS)にシャットダウン条件の発生を通知する為に使用します。シャットダウン条件リレーは、通常非励磁(**normally de-energized**)型です。このリレーはシャットダウン条件が発生すると励磁され、全てのシャットダウン条件が解除されるまで励磁されたままになっています。「Reset Clears Trip」の機能は、プログラムで設定されるシャットダウン条件(表示)リレーには何の影響も及ぼしません。

通常停止

タービンを非常停止させずに、制御しながらゆっくりと停止させる場合には、通常停止(**controlled shutdown**)の機能を使用します。アイドル速度の設定を行っていない制御システムで、タービンを手動で始動させた場合、通常停止の機能は使用する事ができません。STOP コマンド(通常停止のコマンド)を入力すると、5009 は以下のシーケンスを実行します。

1. 速度 PID と抽気/混気 PID 以外の全てのタービン制御用の PID および全ての機能が動作を停止する。
2. 抽気制御は、動作を停止する。(抽気タービン制御の場合は、LP バルブ・リミッタが最大になる。)
3. レシオ/リミッタ機能を使用している場合、レシオ/リミッタ・マップは「HP&LP カップリング」に転換される。
4. 速度設定の値が、指定された速度設定変更レートでゼロにランプする。
5. HP バルブ・リミッタも、指定された変更レートでゼロになる。
6. 5009 はシャットダウンを実行する。(シャットダウン・リレーは非励磁、HP&LP バルブ出力信号は 0 mA に低下)
7. 「Shutdown-Controlled Stop」のメッセージが表示される。



5009 が発電機ユニットの制御を行なっていて、タービンの通常停止を行なう場合、発電機負荷が最小負荷レベルまで低下しても、5009 が自動的に発電機側遮断器開放指令を出す事はありません。

タービンの通常停止は、5009 の PCI からでも、プログラムで指定された外部接点からでも、Modbus 端末からでも実行したり、中止したりする事ができます。ただし、通常停止を外部接点または Modbus 端末から行う場合には、確認のメッセージは表示されません。

タービンの通常停止の動作は、いつでも中止する事ができます。このマニュアルの第6章の「タービンの始動」と「運転状態表示」の項を参照の事。

プログラム時に設定した通常停止を行う為の外部接点を閉じる事によって、タービンの通常停止の動作を開始する事もできます。この時の動作は、上記の STOP コマンドを入力した時の動作と同じですが、通常停止の動作を行うかどうかの確認のメッセージは表示されません。外部接点を開くと、通常停止の動作は中止されます。Modbus 端末からタービンの通常停止を行う場合は、通常停止の動作を開始する為のコマンドと、動作を停止する為のコマンドの、ふたつのコマンドを使用する事ができます。

5009 制御装置のサービス・パネルに表示されるメッセージに付いては、このマニュアルの第3巻を参照してください。

時計用ICの時刻合わせ

この制御装置では、装置内部の時計用 IC に時刻を設定する為の接点を、PROGRAM モードで指定する事ができます。この機能を使用すると、制御装置内部の時計用 IC を最大1日に1度の頻度で、プラントの分散型制御システムの時計に合わせる事ができます。5009 制御装置と分散型制御システムの両方の時計用 IC の時刻を一致させておけば、両方のアラームやイベントを比較する時に、時間のズレを考慮する必要がなくなります。

「時計用 IC の時刻合わせ」の機能は、「時刻合わせ (Synchronize Time-of-Day)」入力として指定された接点を閉じる事により実行します。PROGRAM モードでこの接点入力を指定すると、この接点を閉じる度に、制御装置内部の時計用 IC の時刻が PCI の「Set Time & Date」の入力欄で入力した時分秒に設定し直されます。

この機能を割り付けられたディスクリート入力は、10 ミリ秒に 1 度スキャンされます。制御装置内部の時計用 IC の時刻の設定は、「接点＝閉」信号の立ち上がりエッジで行います。従って、(外部のリレーの動作遅延時間や公差などを考慮に入れなければ、) 制御装置と分散型制御システムの両方の時計用 IC の最小誤差は±10 ミリ秒以下です。

ローカル／リモート切替機能

現場から離れた所にある制御室等からタービンを遠隔操作中に、タービンが危険な状態になりかけた場合、タービンの機側や 5009 の側で、オペレータはローカル／リモート切替接点を操作して、リモート・コマンド信号を無効にする事ができます。この機能は、通常、オペレータがひとりだけでタービンの始動や停止を行いながら、5009 の制御モードの変更や設定値を調整する場合にも使用します。

ローカル／リモート切替え機能を使用するか否かの設定は、オペレータがローカル・モード／リモート・モードの切替えを行なう以前に行っていなければなりません。(PROGRAM モードの Communications フォルダの Port 3 CPU-C の所を参照の事。)プログラム時にローカル／リモート切替え機能を使用するように設定していなければ、全ての接点入力および (Modbus を使用するように PROGRAM モードで設定していれば) Modbus 端末からの入力は、常に有効です。この機能を使用するように設定していれば、ローカル・モードとリモート・モードを、プログラム時に指定した接点入力や、PCI や、Modbus 端末から切り替える事ができます。

ローカル・モードを選択すると 5009 の操作は PCI でのみ行う事ができます。このモードを選択すると、以下に示すもの(ローカル・モード用コマンド)以外の外部接点入力および Modbus 端末からの入力は、全て無効になります:

外部非常停止(外部トリップ)接点入力	(プログラム時にデフォルトで設定)
外部トリップ2接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部トリップ3接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部トリップ4接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部トリップ5接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部トリップ6接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部トリップ7接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部トリップ8接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部トリップ9接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部トリップ10接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部アラーム1接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部アラーム2接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部アラーム3接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部アラーム4接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部アラーム5接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部アラーム6接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部アラーム7接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部アラーム8接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部アラーム9接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
外部アラーム10接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
速度信号喪失無効接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
周波数制御実行／解除接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
発電機側遮断器接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
母線側遮断器接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
タービン始動許可接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
オンライン・ダイナミクス選択接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
ローカル／リモート切替え接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
抽気／混気制御優先選択接点入力	(使用するように設定されていければ、常に使用可能)
ローカル／リモート切替え Modbus コマンド	(Modbus を使用するように設定していれば、常に使用可能)
Modbus からのトリップ・コマンド	(Modbus を使用するように設定していれば、常に使用可能)

リモート・モードを選択すると、5009 は PCI からでも、接点入力からでも、Modbus 端末からでもコマンドを入力する事ができます。接点入力を使用してローカル・モードとリモート・モードを切り替える場合、接点を閉じるとリモート・モードが選択され、接点を開くとローカル・モードが選択されます。

接点入力と Modbus ポート1と Modbus ポート2で、個別に「ローカル／リモート切替え」機能が使用できるように設定する事ができます。この機能は、オプションです。ローカル／リモート切替え機能を使用するように設定すると、SERVICE モードの Contact Inputs フォルダで Keep Contact Enabled for Local Select?が表示され、各 CPU ポートの Modbus setting のセクションで、Local Mode の選択欄が表示されます。この Local Mode の選択欄で正しい値を入力すれば、ローカル・モードが選択された時に、そのディスクリート入力がリモート・モードにおいても受け付けられるかどうかを、各接点入力毎や、Modbus ポート毎に選択できるようになります。

ローカル・モードが選択された事を表示する為のリレーを、PROGRAM モードで指定する事もできます。(ローカル・モードが選択された時、このリレーは励磁されます。)この機能はオプションです。また、リモート・モードが選択されたか、ローカル・モードが選択されたかどうかを Modbus で表示する事もできます。(モード表示用の)Modbus アドレスの表示内容は、リモート・モードが選択された時「True」で、ローカル・モードが選択された時「False」です。)

5009 のデフォルトの設定では、ローカル・モードが選択された時には制御装置の操作は PCI だけからできるようになっています。必要であれば、このデフォルトの設定を SERVICE モードで変更する事ができます。ローカル・モードが選択された時でも、接点入力や、Modbus のポート1や、ポート2から 5009 を操作できるように、5009 のプログラム設定内容を変更する事もできます。

ローカル／リモート機能に関連する設定値は全て、Modbus 端末からモニタしたり、設定・変更したりする事ができます。

リレー

5009 には、12 個のリレー出力があります。この内 2 個のリレーは、使い道が決まっています: 1つはシステム・シャットダウン・リレー(トリップ・コマンド・リレー)で、もう1つはアラーム・リレーです。他の 10 個のリレーは、5009 の内部状態を通知したりするなど、さまざまな機能を実行するようにプログラムで設定する事ができます。

アラーム・リレーは、通常非励磁 (normally de-energized) 型です。このリレーはアラームが発生すると励磁され、アラーム条件が解除されるまで励磁されたままになっています。SERVICE モードで正しく設定すれば、アラームが発生した時にリレーを繰り返し ON・OFF させる事もできます。(この機能はオプションです。)5009 をこのように設定した場合、RESET コマンドが入力された時にアラームが発生した原因がまだ解除されていなければ、リレーは ON・OFF をしなくなり、励磁されたまま (ON になったまま) になります。アラーム条件が新たに発生すると、リレーは再び ON・OFF を始めます。このオプションの機能は、アラームが新たに発生するたびにそれをオペレータに知らせたい場合に使用します。

他の 10 個のリレーはどれでも、レベル・スイッチとして動作するようにでも、運転モード／状態表示出力として動作するようにでもプログラム時に設定する事ができます。レベル・スイッチとして動作するように設定した場合、指定したパラメータがプログラム時に設定したレベル以上(または以下)になると、リレーの状態が変化します。(パラメータの値がプログラム時に設定した値以上になると、リレーは励磁されます。)リレーをレベル・スイッチとして使用しない場合は、5009 内部の制御状態をオペレータに通知する為に使用します。リレーが、状態や事象(event)の発生をオペレータに通知するようにプログラムで設定された場合、トリップ・リレー以外は、指定された状態や事象が発生した時に、そのリレーが励磁されます。

現在のリレーの状態(励磁／非励磁)や、そのリレーがプログラム時にどのように設定されたかという事は、Modbus 端末や PCI で見る事ができます。

各リレーの機能

シャットダウン条件リレーは、リモート・パネルやプラント内の分散処理システムにシャットダウン条件の発生を通知する為に使用します。シャットダウン条件(表示)リレーは、通常非励磁 (normally de-energized) 型です。シャットダウン条件のどれかが発生するとこのリレーは励磁され、シャットダウン条件(タービン・トリップの要因)が全て解消されるまで、励磁されたままになっています。「Reset Clears Trip」の機能は、PROGRAM モードで設定されたシャットダウン条件(表示)リレーには何の影響も及ぼしません。

トリップ・リレーとしてプログラム時に設定されたリレーは、シャットダウン(専用)リレーの状態をオペレータに通知する為に、シャットダウン(専用)リレーと同じ動き(プログラム時の設定によって、通常励磁でシャットダウン時非励磁か、通常非励磁でシャットダウン時励磁)をします。

アラーム条件リレーは、リモート・パネルやプラント内の分散処理システムにアラーム条件の発生を通知する為に使用されます。アラーム表示リレーは、通常非励磁(**normally de-energized**)型です。アラーム条件のどれかが発生するとこのリレーは励磁され、アラーム条件が全て解除されるまで励磁されたままになっています。**Relay Settings** フォルダの「**Blinks For Alarms**」の設定を **Yes** にすると、アラーム条件が発生した時にアラーム条件リレーは **ON・OFF** を繰り返します。このように設定した場合、**RESET** コマンドが入力された時にアラームが発生した要因がまだ解除されていなければ、リレーは **ON・OFF** を止め、励磁されたまま(**ON** になったまま)になっています。

オーバスピード・テスト実行中リレーは、オーバスピード・テストを実行している時に励磁されます。このリレーは、タービン速度が、タービンのオーバスピード・トリップ速度 (**Oversped Trip Level**) の設定値より上になると **ON・OFF** します。

アンダスピード・スイッチの機能は、タービンがアンダスピードの状態または過負荷 (**Overpower**) の状態になった事を通知する為に使用されます。あるリレーをアンダスピード・スイッチとして指定すると、タービン速度がひとたびミニマム・ガバナ速度以上に達した後で、ミニマム・ガバナ速度の下 **100 rpm** の所まで落ちると、**5009** は指定されたリレーを励磁してアンダスピードの発生を通知します。アンダスピードの設定値 (**Underspeed Setting**) は、**SERVICE** モードの **SPEED CONTROL** フォルダの下で調整する事ができます。

あるリレーを同期投入機能有効に設定すると、同期投入のコマンドが入力された時に、その指定されたリレーが励磁されます。発電機側遮断器または母線側遮断器が閉じると(同期投入完了)、この機能は無効になり、リレーは非励磁されます。**5009** の同期投入の機能は、発電機側遮断器または母線側遮断器で分離された一方のラインを他方のラインに同期投入する為に使用します。

あるリレーを同期投入／負荷分担機能有効に設定すると、同期投入コマンドが入力されたか、負荷分担の機能が選択された時に、指定されたリレーが励磁されます。発電機側遮断器補助接点と母線側遮断器補助接点が両方共に「閉」になる(負荷分担が選択されていない)と、同期投入／負荷分担機能は無効になり、リレーは非励磁されます。

あるリレーを **Modbus** コマンド・リレーに指定すると、**Modbus** から「**Turn On Relay X**」コマンドが入力された時にそのリレーは励磁され、「**Turn Off Relay X**」コマンドが入力された時にそのリレーは非励磁されます。この機能を使用すると、**Modbus** 端末から直接、(例えば同期投入のような)制御システム全体に関係する機能を開始したり停止したりする事ができます。

メモ

第 6 章

5009 の 運 転 方 法

5009 制御システムは、PCI や、ディスクリート入出力やアナログ入出力や (OpView のような) Modbus 通信を行う装置と、データのやり取りを行う事ができます。5009 には2つの操作モードがあります。PROGRAM モードと RUN モードです。PROGRAM モードは、5009 が設置される制御系に合わせて 5009 の機能を設定したり、運転時に 5009 が参照する様々なパラメータを設定する為に使用します。(このマニュアルの第3巻を参照の事。) RUN モードは通常のタービン運転中に使用され、タービンを運転したり、運転時のパラメータを見る為に使用します。運転時に表示されるパラメータは、全て、PCI や (OpView などの) Modbus 端末やディスクリート入力やアナログ入力を使用して増減する事ができます。



警 告

タービンを初めて始動する前には、外部の入出力装置が全て正しく調整されているか、チェックしてください。このような入出力装置を正しく調整しなければ、タービンの損傷や人身事故や死亡事故が起きる事があるからです。また、このチェックは、運転し始めてからも定期的に行なわなければなりません。



警 告

このマニュアルは、タービン・システム全体の運転方法について解説したものではありません。タービンやプラントの運転方法については、プラントおよび施設の製造業者にお問い合わせください。

5009制御装置 への電源投入

5009 制御装置を最初に運転する時は、以下のように行います。電源を投入する前に、このマニュアルの第2巻に従って、5009 制御装置を正しく設置して、配線します。以下の手順に従って作業している時に、ここで指定した結果、または当然なるべき結果にならない場合は、このマニュアルの第2巻を参照して、トラブルシューティングを行います。

1. タービンが、この装置とは関係なく停止している事。(例えば、トリップ&スロットル・バルブが閉)
2. 5009 本体に、然るべき制御モジュールが全て装着されており、各制御モジュールと FTM を接続する為のケーブルが全て正しく取り付けられている事。
3. 主電電の片方だけに電源を投入して、この主電源の緑色の LED のみが点灯する事を確認する。
4. もう一方の主電電にも電源を投入して、この主電源の緑色の LED のみが点灯する事を確認する。
5. ラック A、ラック B、ラック C の CPU モジュールの RESET スイッチを一瞬(スイッチの上半分を)押して、それから(スイッチの下半分を押して)元に戻す。

この時点で、5009 制御装置はオフライン自己診断テストを開始します。3個のカーネル全ての CPU がオフライン自己診断テストを終了して、同期が正常にとれたなら、赤い LED は全て消燈して、制御装置はアプリケーション・プログラムを実行し始めます。これで、5009 制御装置は「運転中」になりました。運転モードのどれかに入ってタービンを運転したり、制御システムの調整(キャリブレーション)を行ったりする前に、このマニュアルの第3巻で解説している PCI プログラムを使用して、設定値の入力を行っておかなければなりません。タービン制御システムの仕様に基づいて正しい設定値を 5009 にプログラムしなければ、5009 の様々な制御機能を使用してタービンを運転する事はできません。

バルブ／アクチュエータの調整とテスト

タービンを初めて運転する前や、タービンのオーバホールを行なった直後は、アクチュエータやバルブのストローク(作動行程)が正しい位置から多少ずれているはずですから、以下に示す調整手順に従って調整を行なって、5009 の HP バルブと LP バルブのストロークを調整 (calibrate) します。5009 は、アクチュエータ出力電流の大きさを測定して、その結果により HP バルブ位置と LP バルブ位置を計算しています。5009 は、このバルブ位置に基づいてタービンの内圧比と内圧の限界を計算します。従って、HP バルブと LP バルブのストロークが正しく調整されていなければ、5009 が行なう内圧比と内圧の限界の計算も、正しくない事になります。5009 の HP バルブ出力と LP バルブ出力の調整を行なった後で、5009 のバルブを動作させた時のバルブの全開／全閉の位置が、実際のバルブの全開／全閉の位置にできるだけ近くなっているかどうか確かめる為に、両方のバルブを手動操作で動かして見てください。

PROGRAM モードで設定値を全て入力し終わったなら、必要に応じてアクチュエータ出力とバルブの最小位置／最大位置のテストおよび調整を行ないます。アクチュエータ位置およびバルブ位置は、アクチュエータへの駆動電流の大きさによって決定されます。「最大アクチュエータ電流」の設定値を「最小アクチュエータ電流」の設定値未満にする事はできません。(下の表 6-1 を参照の事。)また、「最小アクチュエータ電流」の設定値を「最大アクチュエータ電流」の設定値より上に設定する事もできません。アクチュエータ駆動電流のレンジは、PROGRAM モードの DRIVER CONFIG フォルダの中にある設定値で指定します。

アクチュエータやバルブの作動角を調整する時には、アクチュエータが、バルブの最小停止位置を通過して、なおかつ「閉」側に十分な量(最小停止位置を過ぎて 1~2%)、動く事を確認してください。バルブが全閉になった時に、タービンに流れ込む蒸気が完全に遮断されるかどうか確認する為に、このように行います。

駆動電流のレンジ	20-160 mA	4-20 mA
過電流	出力電流の最大値の 10%上	出力電流の最大値の 10%上
不足電流	出力電流の最小値の 10%下	出力電流の最小値の 10%下
出力電流の範囲	8-196 mA	1.8-24 mA
最大負荷インピーダンス	45 Ω	360 Ω
最小停止位置の可調整範囲	8-100 mA	1.8-12 mA
最大停止位置の可調整範囲	100-196 mA	12-24 mA

表 6-1. アクチュエータ駆動電流の範囲

(バルブ全閉位置からバルブ全開位置までの)アクチュエータ出力の動作範囲が、出力電流に換算して、20-160 mA レンジのアクチュエータでは 100 mA 未満に、4-20 mA レンジのアクチュエータでは 12 mA 未満になると、アクチュエータ出力の分解能が低下します。アクチュエータ出力の動作範囲が上記の値以上になるようにしてください。必要であれば、アクチュエータとバルブのリンケージを調整し直して、アクチュエータ出力の分解能が十分大きくなるようにします。

ストローキングによるアクチュエータの調整は、タービンがシャットダウンされている時にのみ行なう事ができます。この時、非常停止接点は閉じるか、ジャンパでプラス端子とマイナス端子を接続しておいてください。非常停止接点が開いていると、5009 の出力電流は全てシャットダウンされるからです。Stroke Actuators のモードに入ると、アクチュエータの最小停止位置と最大停止位置を調整し直したり、アクチュエータへの出力信号を手動操作で調整する事ができます。マニュアル調整モードでは、アクチュエータ出力の最大停止位置と最小停止位置の調整を行なった後で、アクチュエータ出力とバルブ位置を 0% から 100% まで振らせる事ができます。この機能を使用して、アクチュエータとバルブの拘束や、遊びや、分解能や、リニアリティや、繰り返し位置決め精度をテストします。アクチュエータ位置とバルブ位置は、PCI (第3巻を参照) や (OpView などから) Modbus コマンド (第4巻を参照) で変更する事ができます。安全上の理由から、タービン速度が 1000rpm を越えると、Stroke Actuators のモードは自動的に解除になり、そして、アクチュエータ出力電流はゼロに低下するようになっています。

アクチュエータ 駆動信号の調 整方法



警告

このテストを行なう前に、(トリップ&スロットル・バルブ/主塞止弁を閉めるなどして) 必ずタービンへの蒸気の供給を停止しておく事。これは、ガバナ・バルブが開いてもタービンに蒸気が入らないようにする為です。この操作を行なっている時には、オーバスピードの検出は行われず、オーバスピードによるシャットダウン・リレーの動作も行われません。しかし、タービンでオーバスピードが発生するとタービンの損傷や、ひいては**人身事故**や**死亡事故**が発生する事があります。この操作を行なう時には、タービンへの蒸気の供給を、「ガバナ・バルブを遮断する方法以外の他の方法」で、停止しておいてください。

1. この調整手順を実行するには、5009 の非常停止接点を閉じるか、ジャンパで接続しておきます。そうしなければ、アクチュエータ出力電流は 0mA になります。
2. RESET コマンドを入力します。
3. PCI: START モードのセキュリティ・ロジックのロックを解除します。START モードのセキュリティ・ロジックのロックが解除されていなければ、調整用の設定値の、モニタはできますが、変更はできません。START モードのセキュリティ・ロジックのロックが解除されていれば、調整用の設定値を、モニタする事も、変更する事もできます。START モードのセキュリティ・ロジックのロック/アンロックの方法に付いては、このマニュアルの第3巻の Security ボタンの項を参照する事。
4. PCI: パーソナル・コンピュータ・インタフェースで、調整したいバルブの Enable ボタンをクリックすると、調整が可能になります。もしくは、
Modbus: (OpView など)で調整したいバルブの Valve Stroking モードを有効にします。
5. PCI: Go Min ボタンを押して、アクチュエータ出力電流を最低の電流レベルまで低下させます。もしくは、
Modbus: アクチュエータ出力を 0% に合わせます。
6. アクチュエータ出力電流を調整して、バルブが最小停止位置に来るようにします。アクチュエータ出力電流を調整しながら、バルブの動きを見ます。完全に調整された制御システムでは、アクチュエータ出力電流が最小値 (4 mA または 20 mA) である時に、バルブは最小停止位置 (のストップ) に衝突するのではなく、最小停止位置の僅かに (1~2% 分) 上側にあるはずで

7. PCI: Go Max ボタンを押して、アクチュエータ出力電流を最高の電流レベルまで上昇させます。もしくは、
Modbus: アクチュエータ出力を 100%に合わせます。
8. アクチュエータ出力電流を調整して、バルブが最大停止位置に来るようにします。アクチュエータ出力電流を調整しながら、バルブの動きを見ます。完全に調整された制御システムでは、アクチュエータ出力電流が最大値 (20 mA または 160 mA) である時に、バルブは最大停止位置 (のストップ) に衝突するのではなく、最大停止位置の僅かに (1~2%分) 下側にあるはずです。バルブを最大停止位置まで動かす事ができない時には、リンケージを調節してバルブの作動角がより大きくなるようにしてから、先ほどの手順をもう1度繰り返します。
9. バルブが、全閉位置から全開位置まで、拘束されず、スムーズに動く事を確認します。
10. (全閉位置から全開位置までの)アクチュエータ出力電流の振れ幅は、4-20 mA 出力の時 12 mA 以上あり、20-160 mA 出力の時 100 mA 以上ある事を確認してください。振れ幅が 12 mA 未満もしくは 100 mA 未満である時は、リンケージを調節してバルブの作動角がより大きくなるようにしてから、先ほどの手順をもう1度繰り返します。
11. PCI: Save Settings のボタンをクリックして、アクチュエータの設定値を全て制御装置に格納する事ができます。例えばボタンをクリックして設定値を格納しなかったとしても、15 分間装置をそのままにしておけば、設定値は自動的に格納されます。オペレータが設定値を格納しないままで、15 分に 1 度実行されるデータ格納ルーティンが走る前に装置の電源が切られた場合、設定値は全て、変更される前の値に戻ってしまいます。もしくは、
Modbus: Save Changes のコマンドを入力して、アクチュエータの設定値を全て制御装置に格納します。例えばコマンドを入力して設定値を格納しなかったとしても、15 分間装置をそのままにしておけば、設定値は自動的に格納されます。オペレータが設定値を格納しないままで、15 分に 1 度実行されるデータ格納ルーティンが走る前に装置の電源が切られた場合、設定値は全て、変更される前の値に戻ってしまいます。
12. バルブ1個1個に付いて、ステップ 4 から 11 までを繰り返します。

始動手順

タービンの始動手順の詳細に付いては、タービンを製作した会社の操作説明書を参照してください。選択した始動モードでのステップ・バイ・ステップの操作手順については、このマニュアルの第5章を参照してください。以下に示すのは、通常の始動手順です。



警告

タービンやその他の原動機には、装置の故障や誤操作によってその原動機が暴走したり、その原動機自身にダメージを与えたり、また、その結果**人身事故**や**死亡事故**が発生する事を防止する為に、原動機制御装置とは全く独立に動作する**オーバスピード・シャットダウン装置**を必ず取り付けてください。

1. 制御装置をリセットして、既に発生したアラームとトリップを全て消去し、LP バルブ・リミッタの値を 100%まで上げます。5009 の RELAY フォルダの Reset Clears Trip Relay output の設定値が PCI プログラムで「Yes」に設定されていれば、シャットダウンが発生した後で 5009 をリセットすると、5009 のシャットダウン・リレーはリセット、すなわち励磁されます。Reset Clears Trip Relay output の設定が No になっていれば、シャットダウンが発生した後で 5009 をリセットすると、シャットダウン条件(トリップ条件)が全て解除になった後で、5009 のシャットダウン・リレーはリセット、すなわち励磁されます。
2. 選択したスタート・アップ・モードでタービンを始動するには、START コマンドを入力します。セミオートマチック・スタート・モードが設定されていれば、ガバナ・バルブを開く為にバルブ・リミッタを手動で上げていかなければなりません。
 - 「始動許可条件接点」の入力を使用するようにプログラムで設定していて、START コマンドを入力した時にこの接点が閉じていなければ、「Start Perm Not Closed」のアラームが表示されます。
3. 指定した始動モードでタービンを立ち上げると、タービンは最小速度設定またはアイドル速度で運転されます。アイドル速度がプログラム時に設定されていなければ、5009 の速度設定はミニマム・ガバナ速度まで増速して行きます。タービンをアイドル速度で運転するには、アイドル／定格速度間の手動操作のみによる増速／減速の機能 (Manual Raise/Lower Only) か、オート・スタート・シーケンスの機能を設定しておかなければなりません。オート・スタート・シーケンスの機能が選択されている場合には、5009 は、速度が低アイドル速度に達した後で、シーケンス動作を開始します。このシーケンスを停止させて、(アイドル／定格速度の機能を使用していれば) 定格速度を選択するか、速度設定増／減の外部接点、または Modbus 端末 (例えば PCI や OpView) から速度設定を手動操作で変更する事ができます。

START コマンドや RESET コマンドは、(プログラム時に設定された) 外部接点からでも、5009 の PCI からでも、Modbus 端末からでも入力する事ができます。その他に、「Speed Setpt Moving to Min」、「Start Permissive Closed」、「Start Permissive Not Closed」のアラーム・メッセージなどを Modbus 端末で表示する事ができます。

速度表示画面

PCI や OpView ではタービン・スタート画面を表示する事ができます。この画面では、タービンの始動に関連する全てのパラメータにアクセスする事ができます。この画面と、この画面で表示されるパラメータに関する詳しい説明は、このマニュアルの第3巻 (PCI 関連) と第4巻 (OpView 関連) に記載されています。PROGRAM モードで外部接点を然るべく設定していれば、外部接点により、上と同じ事を行う事ができます。

アイドル／ 定格速度に よるスタート

アイドル／定格速度でタービンを始動する手順の詳細については、第4章を参照してください。START コマンドを入力すると、速度設定の値は、直ちにタービンの実速度の値に変更されます。速度がゼロであれば、速度設定はアイドル速度へのランプを開始するはずです。タービン速度を定格速度 (Rated Setpt) に増速するには、「定格速度選択」のコマンドを入力しなければなりません。「定格速度選択」のコマンドを入力するには、(プログラム時に指定していれば) アイドル／定格速度選択の接点を閉じるか、Modbus 端末で「Go to Rated」のコマンドを入力します。速度設定が定格速度に向かって漸増している時に、速度設定が危険速度域の内側を通過している時でなければ、速度設定増または速度設定減のコマンドを入力すれば、何時でも速度設定の動きを止める事ができます。速度設定増／減のコマンドは、速度設定増／減の接点を閉じるか、Modbus 端末で Speed Raise または Speed Lower を選択する事によって、入力します。「定格速度選択」のコマンドを再入力すれば、速度設定は再び、定格速度へのランプ動作を開始します。

速度設定は、タービン始動時にはアイドル速度の設定値に増加していくはずですが、しかし、アイドル速度選択のコマンドを(1度入力した後で)、場合によっては再び入力する必要がある事もあります。アイドル速度を再び選択するには、(プログラム時に割り付けられた)アイドル/定格速度の接点を開くか、Modbus の端末から「Go To Idle」のコマンドを選択します。

アイドル/定格速度選択機能のもうひとつの使用法は、速度設定を定格速度の設定値に向かって増速させるだけの、「Ramp to Rated」のオプションです。この場合、アイドル速度は選択できません。この使用法は、PCI の SERVICE モードでだけ設定できます。アイドル/定格速度の接点入力をこのオプションに使用するように設定した場合、この接点を閉じると速度設定は定格速度に増加していき、接点を開くと速度設定の増加は停止します。この時、アイドル速度に向かって減速して行く事はありません。速度設定を定格速度に向けて再び増加させる為には、接点を再び閉じるか、Modbus の端末で「Go To Rated」のコマンドを選択します。

「Ramping to Idle」、「At Idle」、「Turbine in Critical Speed Band」、「Ramping to Rated」、「At Rated」などのメッセージが Modbus の端末で表示されます。その他に、アイドル速度の設定値と定格速度の設定値を表示する事ができます。

オート・スタート・シーケンス

START コマンドを入力した後、5009 の速度設定にはタービンの実速度の値が直ちに設定され、そしてオート・スタート・シーケンスはこの時点からスタートします。5009 は、このシーケンスを自動的に実行しますが、しかし途中で実行を中止する事もできます。オート・スタート・シーケンスの実行を中止するには、(もし PROGRAM、オードで使用するように設定されていれば) オート・スタート・シーケンス停止/継続の外部接点を開くか、Modbus 端末から HALT コマンドを入力するか、速度設定増/減の外部接点を閉じます。オート・スタート・シーケンスが停止しているかどうかを通知する為のリレーをプログラム時に設定する事によって、コマンドの入力をオペレータにフィードバックする事ができます。一度停止したシーケンスを再開するには、オート・スタート・シーケンス停止/継続の外部接点を閉じるか、Modbus 端末から CONTINUE コマンドを入力します。

一方 Modbus の端末で表示されるメッセージには、「Setpt Moving to Min」、「Setpt at Low Idle」、「Ramping to High Idle」、「Setpt at High Idle」、「Turbine in Critical Speed Band」、「Ramping to Rated」、「At Rated」などがあります。その他に、Low Idle Speed Setpoint (低アイドル速度設定)、Low Idle Delay Time (低アイドル速度での速度設定待機時間)、低アイドル速度での速度設定待機残り時間、Low Idle to High Idle Rate (高アイドル速度への速度設定変更レート)、High Idle Speed Setpoint (高アイドル速度設定)、High Idle Delay Time (高アイドル速度での速度設定待機時間)、高アイドル速度での速度設定待機残り時間、High Idle to Rated Rate (定格速度への速度設定変更レート)、Rated Speed Setpoint (定格速度の設定値)、運転時間 (単位は hours)、Hours Since Trip (タービン・トリップ後経過時間) などのアナログ値も Modbus 端末で見ることができますので、オペレータは機械が現在どのような運転状態にあるのか容易に分かります。

ダイナミクスの調整

速度制御、カスケード制御、抽気/混気制御、補助制御は、それぞれ PID コントローラで行ないます。これらの PID コントローラの制御ループは調整可能ですが、その前に、PID コントローラがどんなものであり、PID コントローラを調整するとどのような結果が得られるかという事を理解しておかなければなりません。制御ループの応答特性をシステムの応答特性に適合させる為に、比例ゲイン、積分ゲイン(安定性)、DR (微分レシオ: speed derivative ratio) の設定値を調整しますが、各設定値は制御ループの応答特性を調整する上で、互いに影響し合います。各設定値は、P (比例)、I (積分)、D (微分) の各要素に対応し、5009 では次のように対応しています。

- P = 比例ゲイン(%)
- I = 積分ゲイン(%)
- D = 微分 (DR と I によって決まる)

比例動作

比例動作では、出力がプロセス(入力信号)の変化に正比例します。喩えて言えば、真っ直ぐで平坦な道路を、一定の速度で走る為に、手動のスロットル・レバーの調節を行うようなものです。このような場合、上り坂のような負荷の変化が無い限り、比例制御では、車はずっと一定の速度で走り続けます。スロットル・レバーをどこか適当な位置にセットすると、車が平坦な道路を直進している間、速度は一定ですが、上り坂になると速度は落ちます。当然、下り坂では、速度が上がります。

積分動作

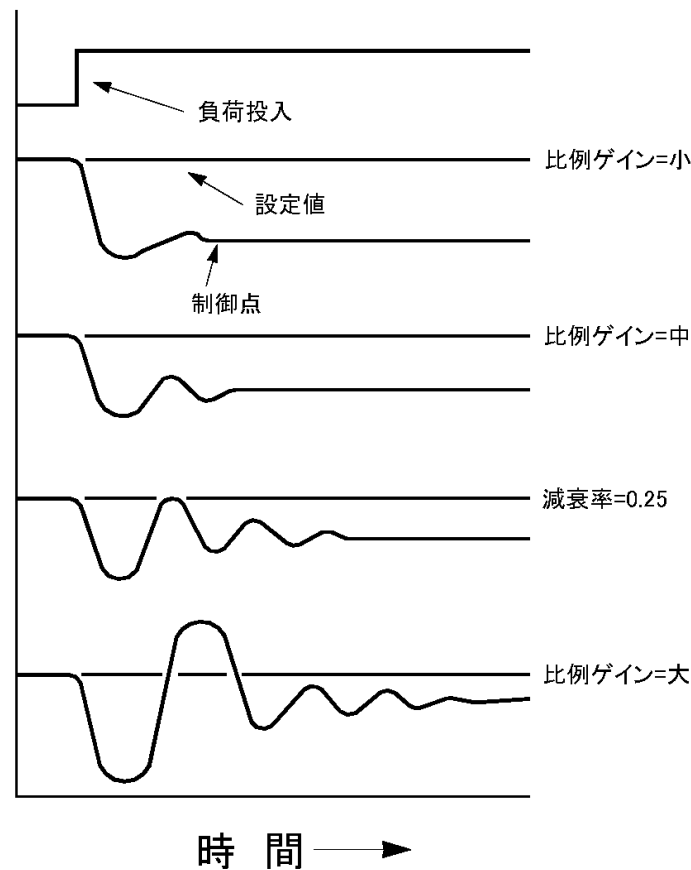
積分動作では、プロセスや負荷に変化が起きた時に、これを補償します。喩えて言えば、定速走行機能により、上り坂や下り坂に拘わらず、車が一定の速度で走るようなものです。積分機能は、別名リセット機能とも呼ばれ、本来の比例動作に対して、プロセス変数が設定値からずれている限り、補正動作を行います。積分(の操作)量は、設定値からの偏差の大きさと継続時間によって決まります。このような場合、リセット応答により、上り坂でも下り坂でも車は一定の速度で走るはずで

微分動作

微分動作は、伝達遅れが大きな系で、遅れを補償し、(一時的な外乱による)プロセス変動後の整定時間を短くする為に、短時間の過剰補正を行う機能です。喩えて言えば、今まで高速道路の合流レーンを走っていたものが、(まず速度を上げてから)高速レーンに乗り換える時のようなものです。微分動作は、別名プリアクト機能、またはレイト機能とも呼ばれますが、この動作は、プロセスの変化が起きた時だけ発生し、プロセスが変化する速度に正比例します。微分動作をうまく言い表す比喻は、なかなかありません。高速道路の合流レーンから本車線に乗る時には、本車線に乗るタイミングを見計らいながら、前以て速度を上げて行きます。本車線の1番外側のレーンを走っている車の後に付ける為に速度を落とし、この車の前に出る為にギヤ・チェンジを行うのが、微分動作です。

比例応答

制御回路からの出力は、プロセス(入力信号)の変化の量と制御回路の比例ゲインの設定値に関係します。すなわち、制御回路の出力の変化分は、プロセス(入力信号)の変化量に比例します。プロセス(入力信号)に変化がなければ、制御回路の出力(もしくはバルブ位置)は変化せず、制御出力に偏差があっても、それが補正される事はありません。その結果、本来の目標値(設定値)と、その制御動作によって最終的に落ち着く制御点に、若干のオフセット(定常偏差)が発生する事になります。



830-360
92-08-03 DAR

図 6-1. 比例ゲインの設定

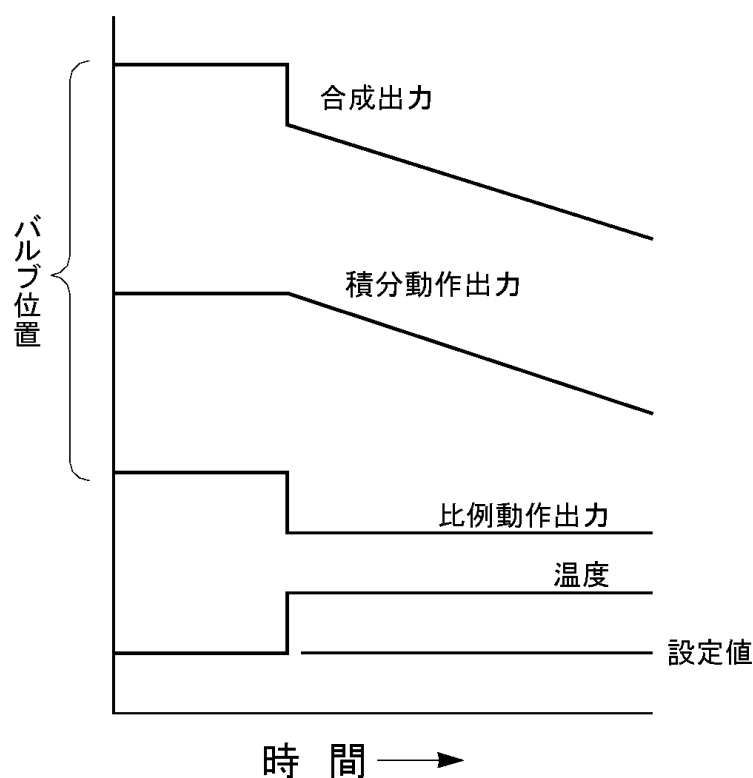
比例ゲインと 設定値増減 の効果

図 6-1 は、比例ゲインを調整すると、動作がどう変わってくるかを示したものです。グラフの1番上は、負荷変動です。比例ゲインが小さい時には、(この場合、ガバナ・バルブがある一定の角度変化する為には、その原因になるプロセスの変化が相当大きくなければなりません。)制御の安定性はよくなりますが、制御時のオフセットは大きくなります。(設定値をより大きくして、)比例ゲインの設定値を中位にすると、制御の安定性は良好ですが、オフセットはまだ小さくはなりません。比例ゲインの設定値を大きくすると、オフセットはかなり小さくなりますが、制御の安定性は悪くなります。減衰率 $0=0.25$ の時が、制御点の振動が減衰して、しかもオフセットを小さくできる最小限度です。減衰率が 0.25 であるというのは、2番目の(制御点振動の)振幅が最初の(制御点振動の)振幅の $1/4$ であり、後続の(制御点振動の)各振幅は全て、直前の(制御点振動の)振幅の $1/4$ になるという事です。この動作は、制御点の振動が減衰してしまうまで続きます。

比例ゲインと言うのは、制御対象の動き(プロセス)を安定させる為に使用するものですが、この比例制御に付随するオフセットは、比例ゲインをいくら調整してもなくなりません。制御の安定性とオフセットは、比例ゲインの値に関係しますが、制御対象そのものが安定に動作しやすいものかどうか、当然制御の安定性に影響します。つまり、比例動作により制御回路から出力される制御量は、制御点の偏差(目標値からの誤差)がどれくらい大きいかに依ります。制御点の偏差がなければ、比例動作による制御出力も存在しません。

積分応答

ウッドワード社の制御装置で言う積分ゲインは、何ミリ秒かに1回ずつ行われる繰り返し動作によって実行されます。(その設定値はリセット動作による出力変動レートです。)積分ゲインの設定値を大きくすると、リセット動作による制御はより頻繁になります。反対に、積分ゲインの設定値を小さくすると、リセット動作による制御はより緩慢になります。



830-361
92-08-03 DAR

図 6-2. オープン・ループでの比例応答と積分応答

積分動作を使用すると、比例動作によって生じるオフセットを消してしまうことができます。図 6-2 に示すのは、制御量が入力信号に比例する時には制御動作がどのようになるかを示したのですが、前に見たように、このような場合にはオフセットが生じます。積分動作(リセット動作)は、偏差の継続時間および偏差の幅の関数です。(負荷変動が発生した為に)制御点と目標値(設定値)に偏差が存在する限り、積分動作は継続します。

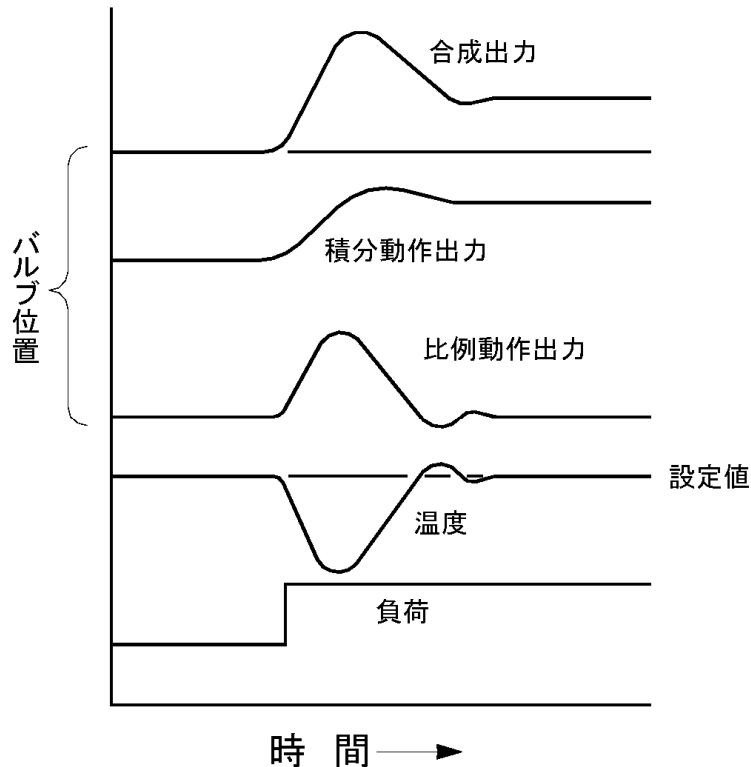
積分動作による制御量は、以下の4つの要素に影響されます。

1. 制御点と目標値(設定値)の偏差の大きさ
2. 偏差の継続時間
3. 比例ゲインの設定値
4. 積分要素の設定値

図 6-2 に示す開ループでは、温度と目標値(設定値)の間に偏差が存在するので、積分応答は増加し続けます。制御応答を見ると、入力信号の変動が発生すると同時に比例型のステップ応答が発生しますが、このステップ応答は入力信号の変動が止まると同時に止まり、その後、偏差を積分した量が積分動作による制御量として、比例動作に加算されて行きます。そして、それを図示したものが、1番上の曲線です。すなわち、目標値(設定値)と制御点の間に偏差がある限り、(増方向にせよ、減方向にせよ)リセット動作は継続するという事です。この例では、制御システムは開ループで動作していますので、偏差は無くなりもしなければ、減りもしません。

比例+積分応答(クローズド・ループ)

図6-3に、閉ループで積分動作を行なうと、どうなるかを示します。1番下の曲線は、負荷変動を示したものです。その上の曲線は、目標値(設定値)と実測値、つまり温度を示したものです。負荷変動が発生すると、温度はその目標値(設定値)から低下し、目標値(設定値)に対するずれを生じる事になります。その上の曲線は、比例動作を示したものであり、制御出力は入力信号に比例して動作します。比例動作を積分動作に重ね合わせると、ガバナ・バルブ出力の動きも比例動作だけの時のものとは違い、制御点は目標値(設定値)のレベルに復帰するようになります。



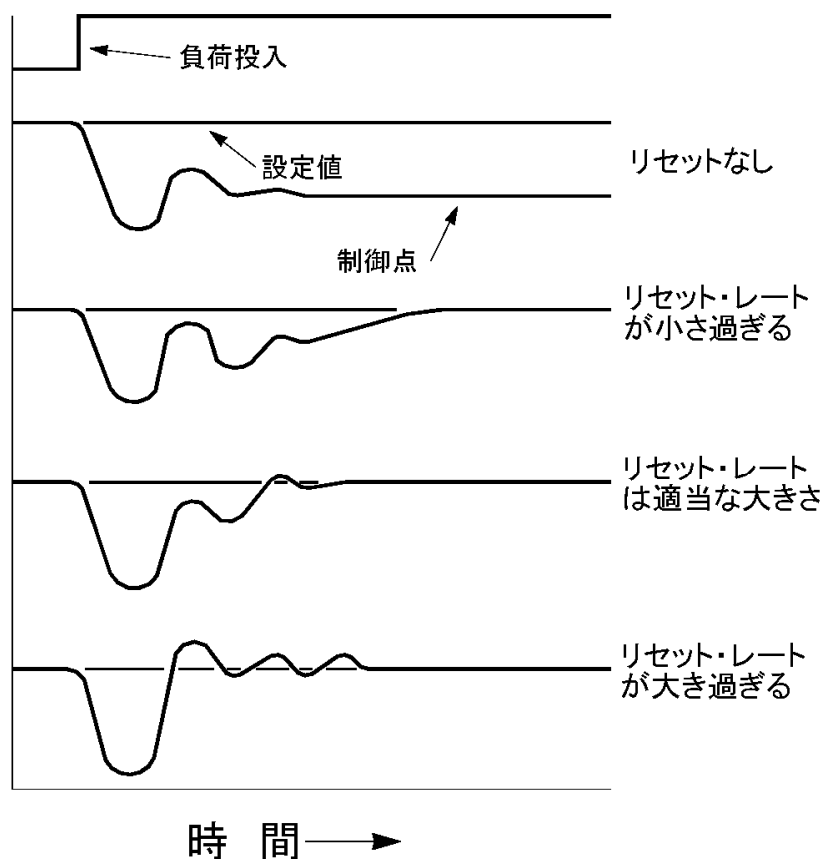
830-362
92-08-03 DAR

図 6-3. クローズド・ループでの比例動作と積分動作の制御応答

しかし、(開ループの場合とは反対に)閉ループでは、実測値が目標値(設定値)から外れると、比例動作の影響により実測値の偏差に比例した制御出力が作成され、また積分動作の影響により、偏差がゼロになるまで、積分動作による出力が作成されます。この積分動作による制御出力は、実測値の目標値(設定値)に対する偏差の大きさおよびその継続時間に比例します。

積分要素と設定値増減の効果

図 6-4 に、積分動作を早くしたり、遅くしたりした時に、制御動作がどうなるかを示します。制御動作が比例応答だけの時は、負荷変動が発生すると必ずオフセットが発生します。積分動作の設定値を調整して、比例動作だけの時に発生するオフセットの継続時間が最小になり、速度変動のサイクル(つまりダンピング/サージング)ができるだけ少なくなるようにして、(負荷変動が発生した場合の)回復時間ができるだけ短くなるようにします。(整定に達するまでの)速度変動のサイクルがふたつ増えたなら、積分ゲインを増やし過ぎた事になります。まず最初に、比例制御だけで、制御動作による制御点振動の減衰率を $1/4 (= 0.25)$ までにします。制御点振動のサイクルが増えたならば、積分要素の設定値を下げます。制御点振動のサイクルがずっと続くようであれば、制御を「手動」に切換えます。実速度がサイクリングする時に、2番目の上り坂を上って下りたところで実速度が速度設定に一致し、そこで速度のサイクリングが止まるのが理想的です。



830-363

92-08-03 DAR

図 6-4. 積分ゲイン(リセット)の設定とその制御応答

微分応答

微分動作は、制御ループのプロセス(入力信号)がどれだけ早く変動するか(つまり変動レートの大きさ)に正比例します。プロセス(入力信号)がゆっくり変動するならば、微分動作による出力は、プロセスが変動する時のレートに比例してゆっくり行われます。微分動作の(制御ループに対する)影響は、比例動作に先立って行われます。微分要素は、プロセス(入力信号)が変化し始めた時、プロセスの増加/減少レートが変化した時、およびプロセスの変化が停止した時に、制御ループに対して影響します。

微分動作は、以下の3つの場合に動作します。

1. プロセスが変動し始めた時
2. プロセスの変動レートが変わった時
3. プロセスの変動が止まった時

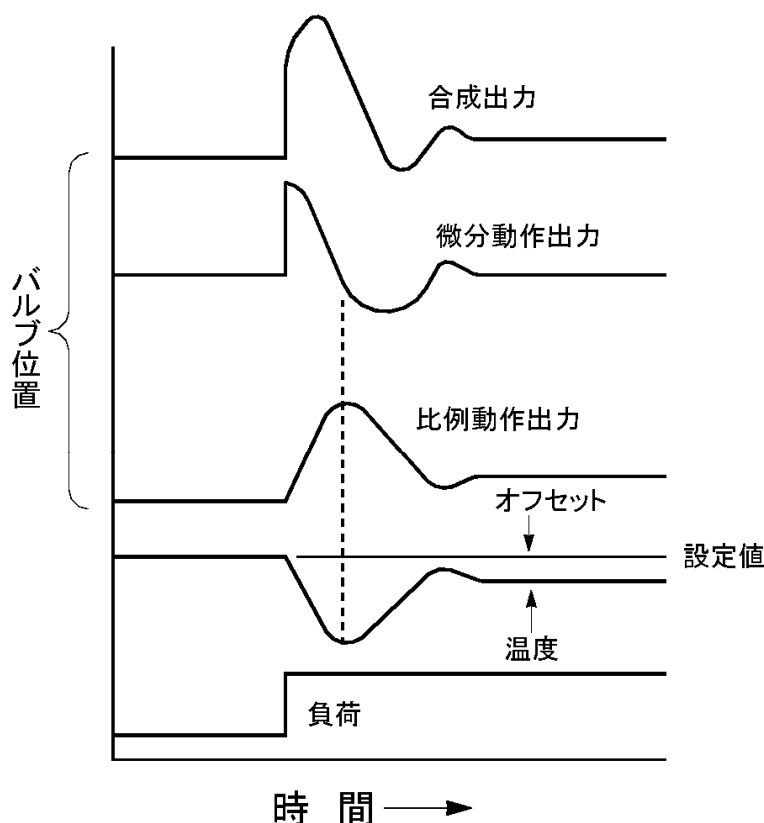
端的に言えば、微分動作と言うものはプロセスの変化に拮抗するように作用し、比例動作と組み合わせられて、プロセスの変動が発生した後でプロセス(入力信号)が目標値(設定値)のレベルに戻るまでに要する整定時間を短くする為に使用します。しかし、微分動作でオフセットを取り除く事はできません。ウッドワード社の制御装置で使用される微分動作には、入力優先型(Input dominant)とフィードバック優先型(Feedback dominant)の、ふたつのタイプがあります。DR(微分レシオ)設定値の入力可能な範囲は、0.01 から 100 までです。よく使用されるタイプはフィードバック優先型で、DR の設定値を 1 から 100 までの値に設定すると、自動的にこのタイプが選択されます。入力優先型の場合は、DR の設定値を 0.01 から 1.0 までに設定します。

フィードバック優先型を使用すると、制御装置は PID 方程式 (PID 制御ループ) の積分フィードバック項に対して然るべき操作を行なって、微分要素を作成します。フィードバック優先型の方が、入力優先型より制御動作は安定します。フィードバック優先型の制御では、(速度偏差に対する) 補正動作が多少遅れますが、ノイズに対してはより鈍感になります。微分要素を調整するには、DR の設定値を 1 から 100 までの範囲で調整します。フィードバック優先型の場合、調整はより簡単で、少し位設定値が大きすぎても差し支えありません。大抵の制御システムでは、フィードバック優先型の制御システムを使用します。

入力優先制御の微分動作を使用する場合、制御装置は PID 方程式 (PID 制御ループ) の積分の処理を行なう前に DR 項の処理を行います。DR が 1 より小さい時は、微分動作は入力優先型になり、プロセス (入力信号) の変動に対して非常に敏感に反応します。このタイプの制御は、ロード・シャフト・タービンの速度制御のような、負荷制御に重点を置いた PID 制御でよく使用されます。入力優先型の微分動作は (入力に対して) 敏感に反応するので、入力信号に高周波ノイズが乗ってこないような制御ループに対してだけ使用する事ができます。

微分動作が入力優先型であってもフィードバック優先型であっても、制御の仕方に若干の違いがあると言うだけで、どちらかの優先型にある値を設定した時の制御動作と、その値の逆数をもう一方の優先型に設定した時の制御動作は、外見上同じになります。例えば、DR の値が 5.0 の時、その逆数は 1/5 (0.2) です。つまり、DR の設定値が 5.0 の時の制御動作と、DR の設定値が 0.200 の時の制御動作は、外見上同じになると言う事です。DR が 5.0 の時と 0.2 の時の違いは、(入力優先型かフィードバック優先型かの) 優先型が違うと言う事だけです。御使用になる制御装置を入力優先型とフィードバック優先型のどちらに設定すればよいかわからない場合は、フィードバック優先型 ($1 < DR < 100$) に設定してください。

比例+微分 (クローズド・ ループ)



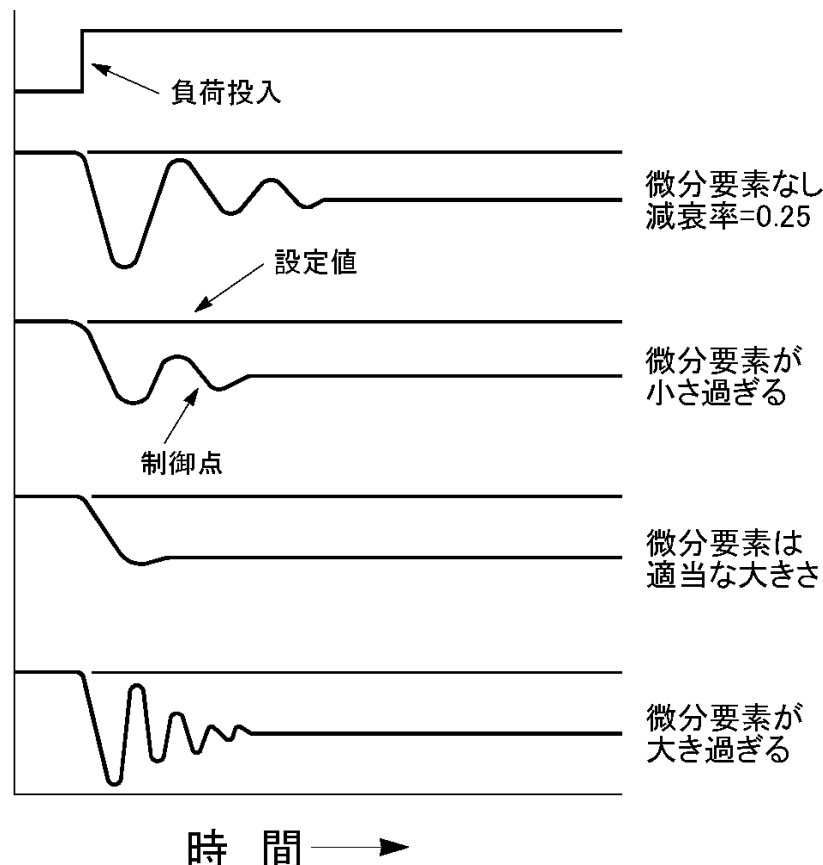
830-365

92-08-03 DAR

図 6-5. クローズド・ループでの比例動作と微分動作

図 6-5 は、プロセス(入力信号)が増方向または減方向に変化した時に、微分動作がその変化を抑制しようとして動作する場合、制御点がどのように変動するかを示したものです。破線は、微分動作がプロセス偏差をゼロの方に収束させるように作用している時に、その微分動作による作用量がゼロの地点を通過した所です。目標値(設定値)と下降した制御点の間に、負荷変動の為に生じたオフセットが、依然として存在する事に注意してください。1番上の曲線は、比例動作と微分動作を重ねあわせた時の、合成出力です。負荷変動ではなく、(一時的な)速度変動のみが発生した場合、オフセットは生じません。

微分要素と 設定値増減 の効果



830-366

92-08-03 DAR

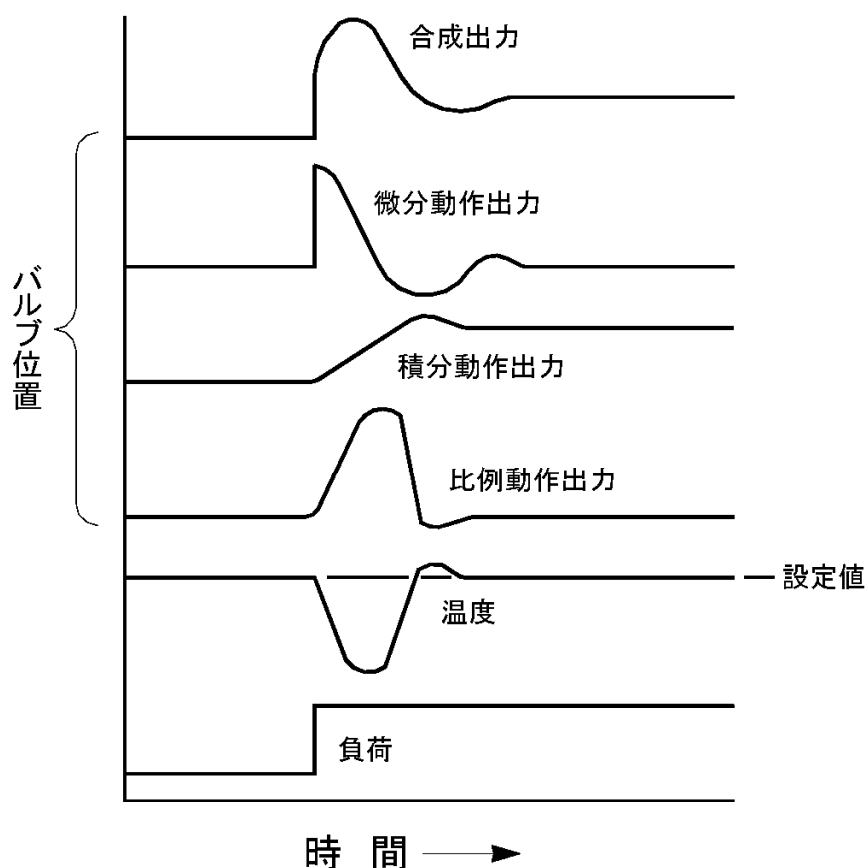
図 6-6. 微分要素の設定とその効果

図 6-6 に示すのは、微分要素の設定値をそれぞれ変更した場合の制御動作です。微分要素が、どのような値の時に最適な制御になるかという事は、どのようなシステムを制御するかによっても変わってきます。例えば、速度変動がサイクリングする期間を最小にしたければ、比例動作を調整して、制御点の減衰率が $1/4$ になるようにしてから、この減衰振動が1サイクル以上消滅し、従って減衰率が $1/4$ 未満になるように微分要素を増やして行きます。しかし、ほとんどの場合、減衰率 $= 1/4$ の減衰振動は残しておきます。そして、減衰率が $1/4$ になる地点から更にもう1サイクル減衰振動が少なくなる所まで微分要素を増やし、それから減衰率が再び $1/4$ に戻る所まで比例ゲインを増やします。上の速度変動の曲線には、全て(実速度の速度設定に対する)オフセットが存在する事に注意してください。オフセットは積分動作(またはリセット機能)によってしか取り除く事ができないからです。

比例+積分+ 微分(クローズ ド・ループ)

図 6-7 は、閉ループの中で負荷変動が発生した時に、制御装置のそれぞれの PID モードが互いにどのように関係するか、その結果、各 PID 出力の影響がバルブ位置の変動にどのように表れるかを示したものです。負荷変動によって温度が低下すると、比例制御機能は測定した温度変動の(設定値からの)偏差に比例するような出力を作成します。積分ゲイン(つまりリセット機能)は、偏差の大きさと継続時間に比例する出力を比例動作による出力に加算します。微分要素は、実測値が変移して行く方向について、その変動を抑制するような瞬間的な過剰補正を行い、この過剰補正の大きさは、その時の変動がどれだけ急激かに応じて変わります。

(最上段に示す) 比例動作と積分動作と微分動作を重ねあわせた曲線も、微分動作の時と同じような過剰補正が行なわれた事が示されていますが、その他にガバナ・バルブの出力が、実測値と目標値(設定値)が一致する所まで(つまりオフセットがなくなる所まで)変移してくる事に注意してください。



830-367
92-08-03 DAR

図 6-7. クローズド・ループでの比例動作と積分動作と微分動作

すなわち、微分要素は、(ガバナ出力が変化してからプロセスが変化するまで)比較的に長い伝達遅れがあるようなシステムで、ガバナ出力に対して短時間の過剰補正を行って、制御システムの整定時間を短くし、制御システムへの外乱(瞬時変動)の影響を押さえる為に使用されます。



注意

入力信号に周波数の高いノイズが混入する場合や、制御ループの遅延時間が主にタービンのデッド・タイムによって発生する場合は、この機能を使用しないでください。減衰率が 1/4 になるように比例要素を設定して、そしてここから更に減衰振動が 1 サイクル少なくなるように微分要素を調整すると、減衰率は 1/4 未満になりますので、ここで減衰率が再び 1/4 になる所まで比例要素を増やします。

微分要素を付け加える

DR(微分レシオ)の設定値が取る事のできる値は、0.01 から 100 までです。5009 のダイナミクスの調整を簡単に行なえるようにする為に、積分ゲインの設定値を調整すると 5009 の PID 制御機能の I の項と D の項を両方同時に調整できるようになっています。DR の項は、積分ゲインの値が D の項にどれくらいの影響を及ぼすかを決定し、この値を調整する事によって制御 PID の構成を、入力の変動に対して敏感なタイプ(入力優先型)から出力信号のフィードバックの変動に対して敏感なタイプ(フィードバック優先型)、またはフィードバックの変動に対して敏感なタイプから入力の変動に対して敏感なタイプに切り替える事ができます。

DR を調整する事により生じる別の効果は、制御動作を PID 制御から PI 制御に変更する事ができると言う事です。PID 制御から PI 制御に変更するには、入力優先制御を選択するか、フィードバック優先制御を選択するかに応じて、DR の項を最高値または最低値にします。

- DR の設定値が 1 から 100 までの時は、フィードバック優先制御です。
- DR の設定値が 0.01 から 1 までの時は、入力優先制御です。
- DR の設定値が 0.01 または 100 の時は PI 制御で、入力優先制御またはフィードバック優先制御のどちらかです。

5009 が定常状態でタービンを運転している時には、上記のある優先制御から別の優先制御に切り替えても特に何の変化も現れませんが、ある状態から別の状態に移移する時 (例えばタービン始動時や、全負荷投入／全負荷遮断や、制御 PID の切替え時) には、優先制御のタイプが変われば制御動作の振る舞いも大きく変わって来る事があります。

入力優先制御は、(速度信号やカスケード信号や補助入力信号などの) 入力信号の変化に対してより敏感であり、フィードバック優先制御に比べるとオーバーシュートが発生しにくくなっています。このような制御応答は、タービン始動時や全負荷遮断のような場合には適していますが、ある制御状態から別の制御状態にスムーズに移行するような制御動作を行なう必要がある制御システムでは、制御応答が大きすぎる事があります。

5009 をフィードバック優先制御に設定すると、制御動作は LSS バス出力からのフィードバック信号の変化に対して、より敏感に反応するようになります。フィードバック優先制御では、制御点が目標値(設定値)に近い所にあつて、なおかつ、制御があるモードから別のモードに未だ切り換わっていない時に、LSS バス出力の変更レートを一定の値以下に制限する事ができます。フィードバック優先制御には、この LSS バス出力の変更レートを制限する機能があるので、5009 がひとつのモードから別のモードに切り換わる時に、入力優先モードを使用している時に比べて、よりスムーズに切り換わるようになります。

現場における一般的な調整要領

自動制御システムが現場でどの程度の制御性能を発揮するかは、各制御モードについて、どの程度精密な調整を行なうかによります。各制御モードについての調整を系統立てて行なうと、最も良い結果が得られます。前もって制御装置調整の練習などして経験を積んでおくと、ここで説明する調整手順を実地に行なう時にうまく行くはずで

ここで説明する速度制御装置の調整方法と言うのは、負荷変動が発生した後でも、制御動作が以下の条件を満足するようになる為に行なうものです。

- プロセスの制御を行なっている時に、持続的なハンティングが起きない事
- 極力短い時間で、プロセスの制御点が目標値(設定値)に復帰する事

今仮に、上記の動作条件を満足するように 5009 の設定値を調整した場合、負荷変動が小幅な場合には最適に動作するとします。しかし、ある動作条件で最適であった設定値も、別の動作条件では整定するまでの振動時間が長過ぎたり、ダンピングが大き過ぎる事があります。ここで説明する調整方法は、通常運転時でも安定に動作する一方で、運転条件が最も厳しい時にも制御装置が良好に動作するように調整する方法です。正常な範囲から極端に離れた設定値を入力する事にならないようにする為に、正常に運転している時の設定値を多数記録して、その平均値を保管しておくのは、良い方法です。各設定値を調整した後、新しい設定値で制御システムがうまく動作するか、十分な時間をかけてよく確かめてください(図 6-8 を参照の事)。プロセスの変動が 90 % が終了するまで待つて、設定値変更の適否を確認してください。

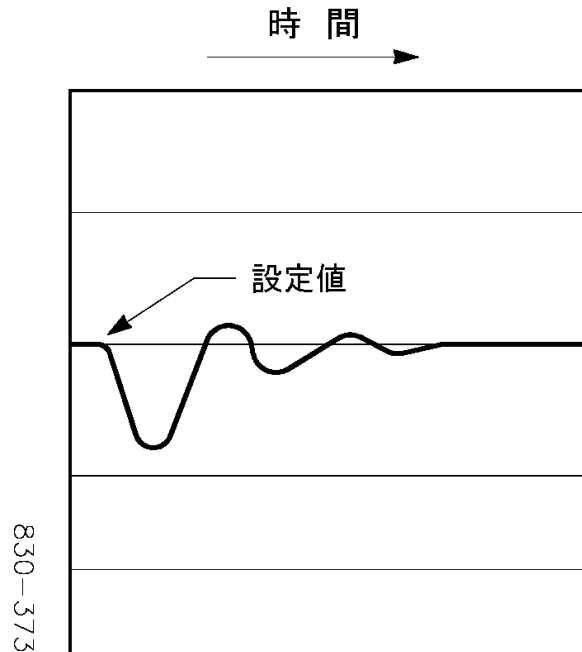


図 6-8. 通常の負荷変動による制御応答

調整の例

制御システムの動作が不安定であれば、その原因が本当にガバナにあるか、確かめてください。HP バルブ・リミッタや LP バルブ・リミッタの設定値を変更して、アクチュエータ出力がリミッタ値によって操作される所までリミッタ値を下げると、ガバナの制御の為に制御システムの動作が不安定になるのか、それとも他に原因があるのか、確かめる事ができます。ガバナの為に制御出力が振動する場合は、振動の周期を測定してください。そして、経験則 (rule-of-thumb) によれば、制御システムの振動の周期が1秒未満であれば、比例ゲインの値を小さくすべきです。また制御システムの振動の周期が1秒以上であれば、積分ゲインの値を小さくします。(この時、場合によっては、比例ゲインの値を大きくします。) 5009 を最初に始動する時に、5009 の各機能の PID の応答特性が、その制御ループに必要な応答特性と一致するように、各 PID のダイナミクスのゲインを調整しておかなければなりません。5009 の各機能の PID の中のゲインの値を決定する時に、制御ループの応答時間が最適になるようなゲイン値を見つけ出す為に使用する事ができるダイナミクスの調整方法がいくつかあります。

以下の方法を使用して、PID のゲインの値を最適の値に近い所に持って行きます。

1. 微分レシオ (DR) の値を 100 まで増加させます。 (SERVICE モードで調整)
2. 積分ゲインの値を 0.01 まで減少させます。 (START モードで調整)
3. 比例ゲインの値を、制御点が振動し始める直前まで増加させます。 (START モードで調整)
この段階での最適のゲインは、制御システムからの出力が振動し始めた直後で、特に何もなくても制御出力の振動が継続し、しかも振動の振幅が大きくも、小さくもならないような値です。
4. この時のゲイン (K_c) の値と振動の周期 (T) を秒単位で記録してください。
5. 制御装置のダイナミクスを、次のように設定します。

PI 制御の場合: $G = P(I/s + 1)$

設定 比例ゲイン = $0.45 * K_c$

積分ゲイン = $1.2 / T$

微分レシオ = 100

PID 制御の場合: $G = P(I/s + 1 + Ds)$

設定 比例ゲイン = $0.60 * K_c$

積分ゲイン = $2 / T$

微分レシオ = $8 / (T * \text{積分ゲイン})$ フィードバック優先制御の場合

微分レシオ = $(T * \text{積分ゲイン}) / 8$ 入力優先制御の場合

この方法によって、ダイナミクスの設定値を最適な値にかなり近い所までもって行く事ができます。ダイナミクスの調整に、より高い精度が要求される場合は、ここから更に調整します。

速度制御、カスケード制御、補助制御、抽気／混気制御のダイナミクスの調整

この装置の制御ダイナミクスの値は、PROGRAM モードで設定し、RUN モードで調整します。各設定値を見たり、変更したりするには、(このマニュアルの第3巻で解説している)PCI プログラム、または(このマニュアルの第4巻で解説している)OpView を使用します。速度制御、カスケード制御、補助制御、抽気／混気制御は、それぞれ PID コントローラで行ないますが、これらの PID コントローラを含む各制御ループの応答特性の調整は、上で説明したダイナミクスの設定値を調整する事によって行ないます。制御ループの応答特性をシステムの応答特性に適合させる為に、比例ゲイン、積分ゲイン(安定性)、微分レシオ(DR)の設定値を調整しますが、各設定値は制御ループの応答特性を調整する上で、互いに影響し合います。各設定値は、P(比例)、I(積分)、D(微分)の各要素に対応し、5009 では次のように対応しています。

P = 比例ゲイン(%)

I = 積分ゲイン(%)

D = 微分要素(DRとIによって決まる)

PとIのゲインの調整

入力信号の過渡応答時またはステップ変動時に、システムの制御応答が最適になるように、比例ゲインを調整します。システムの応答特性が解っていない場合、最初は 5% に設定しておきます。比例ゲインの設定値が大き過ぎると制御動作が過度に敏感になり、1秒未満の周期で発振する事があります。

定常状態での制御特性をよくするには、積分ゲインを調整します。システムの応答特性が解っていない場合、最初は 0.5% に設定しておきます。積分ゲインの設定値が大き過ぎると、制御システムは1秒以上の周期でハンティングまたは発振する事があります。

応答特性をできるだけよくするには、比例ゲインと積分ゲインの値をできるだけ高くします。過渡応答特性をできるだけ高速にするには、アクチュエータ出力またはファイナル・ドライバ出力が振れ始めるまで、比例ゲインの設定値をゆっくりと上げて行きます。それから、必要に応じて積分ゲインを調整して出力が安定するようにします。積分ゲインを調整しても出力が安定しない場合は、比例ゲインの値を下げます。

制御システムをうまく調整すると、制御システムにステップ変動を与えても、制御点が目標値をわずかにオーバーシュートしてすぐに目標値に戻ってくるようになります。

PID 制御ループのゲインは、ループの中の全てのゲインの組み合わせによって決まります。ループ全体のゲインには、アクチュエータのゲイン、バルブのゲイン、バルブ・リンケージのゲイン、トランスデューサのゲイン、タービン本体のゲイン、それから 5009 内部の調整可能なゲインが含まれます。機械的なゲイン(アクチュエータ、バルブ、バルブ・リンケージ、その他)の合計が非常に高い場合、システムが安定に動作する為には、このような機械的なゲインに加算される 5009 のゲインは、小さくしなければなりません。

5009 の出力が僅かに変化しただけでタービンの速度や負荷が大きく変動する(つまり、機械的なゲインが大きい)ならば、制御システムが安定に動作するところまで 5009 のゲインを下げる事はできないかもしれません。このような場合、5009 の出力が 0~100 % に変化した時にバルブの作動行程もそれに一致して 0~100 % になるようにするには、(アクチュエータ、リンケージ、サーボ機構、バルブ・ラックなどの)機械式の駆動機構(interface)の設計を見直すか、調整をやり直さなければならない事があります。

デュアル・ダイナミクス(速度／負荷)

速度 PID には、それぞれ比例ゲイン、積分ゲイン、微分レシオ(DR)をパラメータとする、オンラインとオフラインの2組のダイナミクスがあります。そして以下のような場合に、このオンライン・ダイナミクスとオフライン・ダイナミクスを切り替えて使用します。

- プログラム時に、ある外部接点を「オンライン・ダイナミクス選択接点」に指定した時
- タービンが発電機を駆動している時
- タービンが(発電機以外の)その他の機械装置を駆動している時

ある接点入力を「オンライン・ダイナミクス選択接点」にしている場合、タービンやタービンが駆動している機械の状態に拘わらず、この接点による切替えが最も優先します。接点が「閉」でオンライン・ダイナミクスが選択され、接点が「開」でオフライン・ダイナミクスが選択されます。

タービンが発電機を駆動していて、「オンライン・ダイナミクス選択接点」を使用するようにプログラムで設定していない場合、発電機側遮断器または母線側遮断器が開いていれば、速度 PID は速度オフライン・ダイナミクスを使用し、発電機側遮断器と母線側遮断器が両方とも閉じていれば、速度 PID は速度オンライン・ダイナミクスを使用します。「オンライン・ダイナミクス選択接点」を使用するようにプログラムで設定している場合、発電機側遮断器の状態も母線側遮断器の状態も、ダイナミクスの選択には何の関係もありません。

タービンが発電機を駆動しておらず、なおかつ「オンライン・ダイナミクス選択接点」を使用するようにプログラムで設定していない場合、タービン速度がミニマム・ガバナ速度未満であれば、速度オフライン・ダイナミクスが使用され、タービン速度がミニマム・ガバナ速度以上であれば、速度オンライン・ダイナミクスが使用されます。「オンライン・ダイナミクス選択接点」を使用するようにプログラムで設定している場合、タービン速度によって制御装置のダイナミクスが切り替わる事はありません。リレーを1個使用して、オンライン・ダイナミクスが選択されたかどうかをオペレータに通知する為に使用する事ができます。

カスケード制御、補助制御、抽気／混気制御のドループ

制御ループが安定に動作するように、カスケード制御、補助制御、抽気／混気制御でドループの機能を使用するように PROGRAM モードで設定する事ができます。あるパラメータが上記の各制御機能のどれかで制御されている時に、同時に他の装置(下流に位置する装置(letdown station/つまり turbine bypass valve など)やボイラや他のタービン)で制御されているならば、制御ループを安定に動作させる為に、通常ドループの機能が必要になります。ドループの機能を使用する場合は、5%未満の値をドループの設定値に設定してください。

微分要素の調整

微分レシオ(DRの項)の設定値の範囲は、0.01から100までです。正しい設定値がどのへんであるかわからない場合は、速度制御の微分レシオの項を5%に設定して、補助制御、カスケード制御、抽気／混気制御のDRの項を100%に設定します。この制御装置のダイナミクスの調整を簡単に行なえるようにする為に、積分ゲインの値を調整するとPIDコントローラのIの項とDの項が同時に設定されるようになっています。微分レシオの値を変更する事によって、積分ゲインの値がDの項に及ぼす影響の度合いが変わってきますので、速度制御装置の特性が「入力の変動に敏感に反応するタイプ(入力優先型)」から「フィードバックの変動に敏感に反応するタイプ(フィードバック優先型)」に変化したり、その逆に変化したりします。

DR を調整する事により生じる別の効果は、制御動作を PID 制御から PI 制御に変更する事ができると言う事です。PID 制御から PI 制御に変更するには、入力優先制御を選択するか、フィードバック優先制御を選択するかに応じて、DR の項を最高値または最低値にします。

- DR の設定値が 1 から 100 までの時は、フィードバック優先制御です。
- DR の設定値が 0.01 から 1 までの時は、入力優先制御です。
- DR の設定値が 0.01 または 100 の時は PI 制御で、入力優先制御またはフィードバック優先制御のどちらかです。

制御装置が安定に動作している時に、制御装置の特性を(例えば、入力優先型からフィードバック優先型に)切り替えてもタービンの動作に何の変化も起きませんが、制御装置への入力に変動が生じて、制御装置がその変動を解消しようとして制御を行なう場合(例えば、タービン始動時、全負荷の投入/遮断時、制御 PID の切替え時など)、その応答特性が大きく変化する事があります。

入力優先制御を使用する場合、制御動作は制御装置への入力(速度信号、カスケード入力、補助入力、抽気/混気入力)の変化に対してより敏感になりますので、フィードバック優先制御を使用する場合よりも設定値からのオーバーシュートが起きにくくなります。このような応答特性は、タービン始動時や全負荷遮断を行なう時には好都合ですが、制御の切替えをスムーズに行なわなければならないような制御システムでは、(切替え時の)制御出力の変動が激しくなり過ぎる事があります。

フィードバック優先制御を使用する場合、制御動作は制御装置のフィードバック信号(速度制御および補助制御の場合は LSS 出力)の変化に対してより敏感になります。フィードバック優先制御では、フィードバック優先制御を行なう制御回路からの出力が設定値の近くにあるが、まだこの制御回路がアクチュエータの制御をし始めてはいない時に、LSS 出力の変更レートに上限を設定する機能があります。この機能がある為に、フィードバック優先制御を使用する場合の方が、入力優先制御を使用する場合より、制御(モード)の切替えをスムーズに行なう事ができます。

オーバースピード・ テスト機能

タービンの電気的および機械的なオーバースピード保護ロジックおよび保護回路が正常に動作するかどうかテストする為に、5009 のオーバースピード・テスト機能を使用して、タービンの速度を通常の運転範囲以上に上げる事ができます。このテストは、定期的に行います。ここで言うオーバースピード保護ロジックは、5009 内部のオーバースピード保護ロジックの他に、外部のオーバースピード・トリップ・デバイスの設定や動作なども含みます。

オーバスピード・テストの方法には、この制御装置内部のトリップ・ロジックをテストする為のものと、外部の装置をテストする為のもの、ふたつの方法があります。(5009 に対して行う)電気系統のオーバスピード・テストは、5009 制御装置内部のオーバスピード・トリップ機能が正常に動作するかどうか、テストします。外部装置のオーバスピード・テストでは、5009 のオーバスピード・トリップ機能は無効にしておいて、外部のオーバスピード保護装置が正常に動作するかどうかを、テストします。オーバスピード・テストは、以下の条件が成立している時のみ、実行する事ができます。

- アクチュエータ出力は速度 PID によって制御されている事。
- 補助制御、カスケード制御、抽気／混気制御、リモート速度設定の機能が無効になっている事。
- 発電機制御を行っている場合、発電機側遮断器が開いている事。
- 5009 の速度設定がマキシマム・ガバナ速度になっている事。

最高到達速度レジスタ: この制御装置では、今回到達した最高速度を最高到達速度レジスタ(Peak speed register)に格納します。このレジスタをリセットするには、制御装置の PCI でリセット操作を行うか、Modbus から「Clear Highest/Max Speed Hold Value」コマンドを入力します。オーバスピード・テストを行う時には、このレジスタを、必ず、事前にリセットしておいてください。

オーバスピード・テストを行う時の注意事項

- オーバスピード・テスト中に速度設定を上げる事ができる上限は、「Overspeed Test Limit」の設定値で指定されます。5009 制御装置は、タービン速度がこの Overspeed Test Limit に到達すると、自動的にトリップするように設定されています。Overspeed Test Limit の設定値は PCI の SERVICE モードで変更可能です。
- タービン速度が、マキシマム・ガバナ速度を越えた状態が(SERVICE モードで事前に設定した時間である)60 秒以上継続すると、オペレータが速度設定を特に操作しなくても、速度設定は、マキシマム・ガバナ速度まで自動的に低下します。タービン速度が、(外部の保護装置のテストを行う為の)オーバスピード・トリップの設定値を越えた状態が(SERVICE モードで事前に設定した時間である)60 秒以上継続すると、オペレータが特に何も操作しなくても、タービンの非常停止が発生します。
- 5009 でオーバスピード・トリップ条件が成立した為に非常停止が発生した時には、PROGRAM モードで指定した「Overspeed Trip」表示リレーのみが励磁されます。
- PROGRAM モードで指定する「Overspeed Test Enable(オーバスピード・テスト可能状態)」表示リレーは、オーバスピード・テストを実行している時に励磁されます。このリレーは、タービン速度がオーバスピード・トリップの設定値を超えている時には、ON/OFF 動作を繰り返します。

(5009 に対して行う)電気系統のオーバスピード・テスト: 電気系統のオーバスピード・テストでは、5009 のオーバスピード・トリップ機能が正常に動作するかどうか、テストします。

1. この装置の最高到達速度レジスタ(Peak speed register)をリセットします。
2. この装置がタービンの速度制御を行っている事(すなわち、速度 PID=「制御中」)を確認し、速度設定を Max control setpoint(最大制御速度:マキシマム・ガバナ速度)の設定値まで増加させます。
3. PCI や、外部接点や、(OpView などの)Modbus 端末から、オーバスピード・テストを開始します。

4. この装置の速度設定を Overspeed Trip Level (ガバナのオーバスピード時トリップ点) まで上げて行きます。
5. **PCI や Modbus でテストする場合** — PCI や Modbus からこのテストを行う場合、タービン速度が Overspeed Trip Level に到達すると、この装置はアラームを発生させ、非常停止を行います。
外部接点でテストする場合 — オーバスピード・テスト接点からこのテストを行う場合、タービン速度が Overspeed Trip Level に到達すると、この装置はアラームを発生させます。ここで接点を開くと、この装置は非常停止を行います。Overspeed Trip Level に到達しても接点を開かなければ、外部のオーバスピード保護装置をテストする為に、タービン速度を更に上げて行く事ができます。

外部装置のオーバスピード・テスト: 外部装置のオーバスピード・テストでは、この装置のオーバスピード・トリップの機能を無効にして、外部のオーバスピード保護装置が正常に動作するかどうか、テストします。外部の保護装置のテストを行うには、以下の手順に従います。

1. この装置の最高到達速度レジスタ (Peak speed register) をリセットします。
2. この装置がタービンの速度制御を行っている事を確認し、速度設定を Max control setpoint (最大制御速度) の設定値まで増加させます。
3. PCI や、外部接点や、(OpView などの) Modbus 端末から、オーバスピード・テストを開始します。
4. この装置の速度設定を Overspeed Trip Level (ガバナのオーバスピード時トリップ点) まで上げて行きます。
5. **PCI や Modbus でテストする場合** — PCI や Modbus からこのテストを行う場合、タービン速度が Overspeed Trip Level に到達すると、この装置はアラームを発生させますが、タービンの非常停止は行いません。
外部接点でテストする場合 — オーバスピード・テスト接点からこのテストを行う場合、タービン速度が Overspeed Trip Level に到達すると、この装置はアラームを発生させます。ここで接点を開かなければ、外部のオーバスピード保護装置をテストする為に、タービン速度を更に上げて行く事ができます。ここで接点を開くと、この装置は非常停止を行います。
6. タービン速度が、外部のオーバスピード保護装置のトリップ点に到達すると、外部の(機械式の)オーバスピード保護装置がタービンをトリップさせます。

オーバスピードが発生したかどうかを示す為のリレーを 2 個、プログラム時に設定する事ができます。オーバスピード・トリップ条件の成立を表示する為のリレーが 1 個、オーバスピード・テストを実行中かどうかを表示する為のリレーが 1 個です。オーバスピード・テストに関連する設定値は、全て、Modbus 端末で見たり、変更したりする事ができます。

運転状態 の表示

この制御装置で、設定値の入力と回路の調整とダイナミクスの調整を行ったならば、この装置は、運転モード (RUN モード) になっているはずです。5009 がタービンを運転する時に参照する運転用パラメータは、外部接点や信号発生器からこの装置に入力する事もできますし、Modbus 端末から入力する事もできます。外部接点の状態が変化したり、Modbus からデータが送信されると、始動モードに関するコマンドが入力されたと見なされます。5009 制御装置の 2 本の Modbus ポートを使用すると、PCI や、OpView タッチ・スクリーン・ワークステーションや、Modbus で通信可能な外部の制御システム (DSC など) とコマンドやデータのやり取りを行う事ができます。

PCI のラップトップ・コンピュータや OpView で RUN モードのパラメータを読み書きする方法の詳細については、このマニュアルの第3巻 (PCI 詳述) と第4巻 (OpView 詳述) を参照してください。PCI で接点指令信号やアナログ指令信号をディスクリート入力端子やアナログ入力端子に割り付ける時の設定方法、および (SERVICE モードにおける) アナログ入力チャンネルの調整方法の詳細については、このマニュアルの第3巻を参照してください。

**注**

いくつかの信号源から別々の信号が与えられた時、(例えば接点入力指令と Modbus コマンドが与えられて、このふたつが互いに矛盾する場合) 最終的に実行されるコマンドは、最後に与えられたコマンドです。

速度制御

速度 PID を「無効」に設定する事はできません。補助 PID とカスケード PID が「無効」になっている場合、速度 PID はタービン速度を速度設定に合わせようとしますが、速度ループの中にドループが設定されていれば、その分のズレ (オフセット) が発生します。補助 PID とカスケード PID は、これらの PID が有効になった時点でスムーズに制御 PID の切替えを行えるように、LSS バスを通過した速度 PID のトラッキングを行います。速度 PID がパラメータ (タービン速度) を制御している時には、タービン速度の制御は速度設定の上げ下げによって行われます。

最初にタービンを始動させると、5009 制御装置は、速度設定をプログラム時に設定されたミニマム・ガバナ速度またはアイドル速度に向かって漸増させます。設定値の変更レートは、PCI プログラムで設定されます。タービン速度がミニマム・ガバナ速度に到達した後であれば、速度設定増／減のコマンドで速度設定を調整する事ができます。この時の速度設定の変更レートは、PCI プログラムで設定したり、変更したりする事ができます。速度設定増コマンドか速度設定減コマンドを 3 秒以上継続して入力すると、変更レートは設定したレートの 3 倍 (fast rate) に変化します。補助 PID とカスケード PID の両方が「無効 (disabled)」になっていれば、何時でも速度設定増／減のコマンドを入力可能です。

カスケード PID が有効になっている場合、カスケード設定は速度設定をトラッキングしており、カスケード制御が選択された時には、バンプレスに制御が切り替わります。この時、速度設定はカスケード設定によって操作されますが、制御が切り替わった時点における速度設定とカスケード PID の値は同じです。タービンの速度は、依然として速度 PID によって制御されますが、カスケード PID が速度設定を操作します。カスケード PID は、速度以外のパラメータに基づいて制御を行いますので、速度設定増／減のコマンドは「無効」です。カスケード PID は、速度設定を操作するのであって、実際の LSS バス出力を操作するわけではない為、カスケード制御が「無効」になると、速度制御へバンプレスに切替えられます。速度制御に切り替わると、速度設定増／減のコマンドが再び「有効」になります。

補助 PID が「有効」になると、補助設定は速度設定をトラッキングし、補助制御が選択された時には、バンプレスに制御が切り替わります。この時、5009 は速度設定を自動的に調整する事により、LSS バス出力のトラッキングを行います。補助制御が「有効」になっている時には、速度設定増／減のコマンドは「無効」です。補助制御が「無効」になった時に速度制御へバンプレスに切り替わる事ができるように、速度設定は、依然として速度 PID のフィードバック・ループの中で調整され続けています。補助制御の時であっても、カスケード制御の時であっても、5009 は、(前圧や KW 負荷などの) 制御パラメータが変化した時に、タービンの制御点が前と同じ場所に戻るように、速度設定を変更します。

5009 による制御システムが所内系統に電力を供給している時には、速度 PID で負荷や発電機出力を制御する事ができます。負荷や発電機出力を補助 PID で制御するように設定していない場合、(ドループ機能で)速度設定を調整する事により、タービンの負荷を調節します。速度設定増/減のコマンドは、まず最初にタービン発電機の色度を調節して母線に同期投入する為使用し、次に発電機の負荷を増減する為使用します。

リモート速度設定: リモート速度設定の機能は、5009 の速度制御機能の1部です。リモート速度設定のモードは、リモート速度設定有効/無効(ENABLE/DISABLE)コマンドにより、有効にしたり、無効にしたりする事ができます。リモート速度設定の機能は、補助 PID とカスケード PID が両方共「無効」になっている時にのみ使用する事ができます。リモート速度設定の機能が「有効」になると、速度設定は、(PCI でプログラム時に)設定されたレートで、リモート速度設定に向かってランプして行きます。リモート速度設定の操作は、4-20 mA のアナログ信号を出力する外部機器によって行います。この機能を使用する事により、本来 5009 に信号として入力されていないパラメータに基づいて、タービンの速度制御を行う事ができます。リモート速度設定の機能が「有効」になると、5009 の速度設定は、常にリモート速度設定の値に、前以て設定されたレートでランプして行きます。リモート速度設定が「制御中」になった時には、リモート速度設定信号が変化すると、速度設定は、(PCI で設定した)リモート速度設定最大変更レート(Rmt Setpt Max Rate)でリモート速度設定に追従して行きます。リモート速度設定の機能が「無効」になると、この機能が再び「有効」になるまで、速度設定は、「無効」になる直前の値になったままです。

4-20 mA のリモート速度設定信号が指定した正常範囲を外れると、アラームが発生し、リモート速度設定の機能は、自動的に「無効」になります。

同期操作/負荷分担: 速度 PID には、同期投入/負荷分担の機能もあります。同期投入/負荷分担制御は、同期投入/負荷分担有効/無効(ENABLE/DISABLE)コマンドによって、開始したり、終了したりする事ができます。負荷分担制御が開始されると、補助 PID もカスケード PID も、両方共「無効」になります。この機能は、発電機制御システムにのみ使用されます。タービンが定格速度に到達すると、この機能を使用して、発電機を所内系統に同期投入する事ができます。

5009 に弊社の DSLC を接続すると、自動同期投入を行う事ができます。DSLC は、5009 にコマンドを送信して、発電機の色度と位相を、所内系統の位相と速度に一致させます。同期操作を行って遮断器の投入を行った後、逆電力の発生を防ぐ為、速度設定を 3%上(この値は、PCI の SERVICE モードで調整可能)に設定します。この後、5009 は、ブレーカ・ロジックに基づいて負荷分担を開始します。5009 で負荷分担を行うように設定していない場合、この機能が実行される事はありません。

補助制御

補助 PID を「有効」、または「無効」にするには、補助制御有効(ENABLE)コマンド、または補助制御無効(DISABLE)コマンドを入力します。補助 PID が「無効」になっている時には、補助入力信号をトラッキングする為、5009 は補助設定の値を自動的に調整します。補助制御有効コマンドが入力されると、速度設定増/減のコマンドは無効になり、この制御装置は、補助入力を制御パラメータとして使用するようになります。今まで、5009 の補助設定は補助入力信号をトラッキングしていたので、切替えはバンプレスに行われます。

補助設定は、補助設定増(RAISE AUXILIARY)コマンドと補助設定減(LOWER AUXILIARY)コマンドによって、操作する事ができます。補助設定が変化する時の変更レートは、プログラム時に PCI で設定・変更可能です。補助設定増または補助設定減のコマンドを3秒以上継続して ON にすると、変更レートは、設定されたレートの3倍のレート(fast rate)に増加します。補助 PID が有効である時には、いつでも補助設定増／減のコマンドを使用する事ができます。

補助制御をリミッタとして使用する: 補助制御をリミッタとして使用する事もできます。この機能を使用する場合、補助リミッタの機能を「有効」にする事はいつでもできますが、プログラム時に指定した許可条件が成立している時だけ、「無効」にする事ができます。リミッタとして使用する場合、補助 PID が「無効」になった時に、補助設定は補助入力信号のトラッキングを行いません。速度設定が補助制御のリミッタ値より大きくなると、アクチュエータ出力値(バルブ位置)はリミッタ値によって操作(制限)され、速度 PID は LSS バスの出力値をトラッキングします。タービン発電機の状態が変化して、アクチュエータ出力が補助制御で指定するリミッタより下がると、速度 PID がアクチュエータ出力の操作を引き継いで行います。

リモート補助設定: 補助制御で、リモート補助設定の機能を使用する事ができます。リモート補助設定の機能は、有効(ENABLE)コマンドと無効(DISABLE)コマンドで有効、もしくは無効にする事ができます。リモート補助設定の機能は、補助 PID が「有効」で、カスケード PID が「無効」の時にのみ、「有効」にする事ができます。リモート補助設定の機能が「有効」になると、補助 PID の補助設定は、プログラム時に指定されたレートでリモート補助設定信号が指定する値の方にランプして行きます。リモート補助設定の操作は、4-20 mA のアナログ信号を出力する外部機器によって行います。この機能を使用する事により、本来 5009 に信号として入力されていないパラメータに基づいて、タービンの制御を行う事ができます。リモート補助設定の機能が有効になると、5009 の補助設定は、必ず、前以て設定されたレートでリモート補助設定の値にランプして行きます。リモート補助設定が「制御中」になった時には、リモート補助設定信号が変化すると、補助設定は、(PCI で設定した)リモート補助設定最大変更レート(Rmt Setpoint Max Rate)でリモート補助設定に追従して行きます。リモート補助設定の機能が「無効」になると、この機能が再び「有効」になるまで、補助設定は、「無効」になる直前の値になったままです。

4-20 mA のリモート補助設定信号が指定した正常範囲を外れると、アラームが発生し、リモート補助設定の機能は、自動的に「無効」になります。

カスケード制御

カスケード PID を有効、または無効にするには、カスケード制御有効(ENABLE)コマンド、またはカスケード制御無効(DISABLE)コマンドを入力します。カスケード制御を開始するには、補助制御を「無効」にしておかなければなりません。カスケード制御が「無効」になっている時には、5009 は、LSS バスの出力信号をトラッキングする為に、カスケード PID の出力を自動的に調整します。カスケード制御有効コマンドが入力されると、速度設定増／減のコマンドは無効になり、この制御装置は、カスケード入力を制御パラメータとして使用するようになります。それまで、5009 のカスケード設定は LSS バス出力信号をトラッキングしていましたので、カスケード設定は、それまでの速度設定に対応しており、切替えはバンプレスに行われます。

カスケード PID が「有効」になると、カスケード設定は、カスケード設定増 (RAISE CASCADE) コマンドとカスケード設定減 (LOWER CASCADE) コマンドによって、操作する事ができます。カスケード設定が変化する時の変更レートは、プログラム時に PCI で設定・変更可能です。速度設定増または速度設定減のコマンドを 3 秒以上継続して ON にすると、変更レートは、設定されたレートの 3 倍のレート (fast rate) に増加します。カスケード PID が「有効」である時には、いつでもカスケード設定増／減のコマンドを使用する事ができます。



注

カスケード設定増減時の変更レートは、カスケード PID の P や I や D の値とは無関係に決まります。設定値を遅いレートでゆっくりと変化させたとしても、カスケード PID が速度設定を操作する為の変更レートが遅くなるわけではありません。

リモート・カスケード設定: カスケード制御で、リモート・カスケード設定の機能を使用する事ができます。リモート・カスケード設定の機能は、有効 (ENABLE) コマンドと無効 (DISABLE) コマンドで有効、もしくは無効にする事ができます。リモート・カスケード設定の機能は、カスケード PID が「有効」で、補助 PID が「無効」の時にのみ、「有効」にする事ができます。リモート・カスケード設定の機能が「有効」になると、カスケード PID のカスケード設定値は、プログラム時に指定されたレートでリモート・カスケード設定信号が指定する値の方にランプして行きます。リモート・カスケード設定の操作は、4-20 mA のアナログ信号を出力する外部機器によって行います。この機能を使用する事により、本来 5009 に信号として入力されていないパラメータに基づいて、タービンの制御を行う事ができます。リモート・カスケード設定の機能が有効になると、5009 のカスケード設定は、常にリモート・カスケード設定の値に、前以て設定されたレートでランプして行きます。リモート・カスケード設定が「制御中」になった時には、リモート・カスケード設定信号が変化すると、カスケード設定は、(PCI で設定した) リモート・カスケード設定最大変更レート (Rmt Setpoint Max Rate) でリモート・カスケード設定に追従して行きます。リモート・カスケード設定の機能が「無効」になると、この機能が再び「有効」になるまで、速度設定は、「無効」になる直前の値になったままです。

4-20 mA のリモート・カスケード設定信号が指定した正常範囲を外れると、アラームが発生し、リモート・カスケード設定の機能は、自動的に「無効」になります。

バルブ・リミッタ

プログラム時に HP バルブ・リミッタや LP バルブ・リミッタを使用するように設定した場合、この機能は常に有効です。バルブ・リミッタは、バルブの開度の上限または下限を設定します。HP バルブ・リミッタは、HP バルブに対して上限を設定し、LP バルブ・リミッタは LP バルブに対して、抽気タービンの場合には上限を、混気タービンや抽気／混気タービンの場合には下限を、設定します。HP リミッタも LP リミッタも、OPEN コマンドや CLOSE コマンドを使用して、何時でも開閉する事ができます。バルブ・リミッタ増減時のリミッタ値の変更レートと、バルブ開閉時の最小開度および最大開度は、PCI で設定可能です。

抽気／混気制御

抽気／混気制御を「有効」、または「無効」にするには、抽気／混気制御有効 (ENABLE) コマンド、または抽気／混気制御無効 (DISABLE) コマンドを入力します。また 5009 に対して指定した許可条件が全て成立すると、自動的に「有効」になります。抽気／混気制御機能の詳細については、このマニュアルの第 5 章を参照してください。抽気／混気制御が「無効」になっている時には、抽気／混気設定は、自動的に抽気／混気入力信号をトラッキングするように制御されます。抽気／混気制御有効コマンドが入力されると、5009 は既に現在の設定値 (トラッキング中の設定入力信号) で制御を行っているため、他の制御モードから抽気／混気制御にコンプレックスに切り替わる事ができます。この時、抽気／混気設定増 (RAISE Extr/Adm) コマンドや抽気／混気設定減 (LOWER Extr/Adm) コマンドを使用して設定値を増減する事ができます。設定値トラッキングの機能が無効になっている場合、抽気／混気入力信号が制御可能な範囲に入るまで、上のバルブ・リミッタをゆっくりと増加、または減少させます。抽気／混気 PID が「制御中」になったならば、抽気／混気設定増や抽気／混気設定減のコマンドを使用して、抽気／混気設定値を操作します。

リモート抽気／混気設定: 抽気／混気制御で、リモート抽気／混気設定の機能を使用する事ができます。リモート抽気／混気設定の機能は、有効 (ENABLE) コマンドと無効 (DISABLE) コマンドで「有効」、もしくは「無効」にする事ができます。リモート抽気／混気設定の機能は、指定された許可条件が全て成立した時に、「有効」になります。(第 5 章を参照の事。) リモート抽気／混気設定有効の接点をプログラム時に設定して、抽気／混気設定有効の接点をプログラム時に設定していない場合、リモート抽気／混気設定有効の接点を開閉すれば、両方の機能が「有効」になったり、「無効」になったりします。プログラム時にリモート抽気／混気設定の機能を使用するように設定した場合、Modbus ポート (に接続された端末) でリモート抽気／混気設定有効の接点入力と抽気／混気設定有効の接点入力の両方を使用する事ができます。リモート抽気／混気設定の操作は、4-20 mA のアナログ信号を出力する外部機器によって行います。この機能を使用する事により、本来 5009 に信号として入力されていないパラメータに基づいて、タービンの制御を行う事ができます。リモート抽気／混気設定の機能が「有効」になると、5009 の抽気／混気設定は、常にリモート抽気／混気設定の値に、前以て設定されたレートでランプして行きます。リモート抽気／混気設定が「制御中」になった時には、リモート抽気／混気設定信号が変化すると、抽気／混気設定は、(PCI で設定した) リモート抽気／混気設定最大変更レート (Rmt Setpoint Max Rate) でリモート抽気／混気設定に追従して行きます。リモート抽気／混気設定の機能が「無効」になると、この機能が再び「有効」になるまで、抽気／混気設定は、「無効」になる直前の値になったままです。

4-20 mA のリモート抽気／混気設定信号が指定した正常範囲を外れると、アラームが発生し、リモート抽気／混気設定の機能は、自動的に「無効」になります。

アラーム

アラームとトリップのメッセージは、(OpView や PCI のような) Modbus 端末でのみ表示されます。特定のアラームやトリップが発生した事を通知する為のリレー出力 (第 3 巻を参照の事) や、発生した後でまだ解除されていないアラームやトリップが存在するかどうかを表す為のリレー出力を、PCI で割り付ける事ができます。しかし、発生したアラームやトリップの内容や発生時刻を表示したい場合、Modbus 端末を使用しなければなりません。

第 7 章

静電破壊防止対策

全ての電子装置は静電気に敏感ですが、そのパーツの中には特に静電気に敏感な部品があります。このような部品を静電気による損傷から守るために、静電気の発生を最小限にするか、または除去する特別な予防対策を施す必要があります。

この装置を取り扱う際には、以下の注意事項をよく守ってください。

1. この電子制御装置の修理調整を行う前に、アースされた金属(パイプ、操作制御盤、装置等)に触れて、人体に帯電している静電気を放電してください。
2. 特に合成繊維の衣服は静電気を発生させたり蓄積したりし易いので、できるだけ着用しないようにしてください。綿または綿の混紡の衣服は合成繊維のものよりは静電気が帯電しないため、できる限り綿の衣服を着用してください。
3. プラスティック、ビニール、および発泡スチロールの製品(例えばプラスチック製または発泡スチロール製のコーヒーカップ、コーヒーカップ・ホルダ、タバコの包装紙、セロハン製のキャンディーの包装紙、ビニール製の本またはカバー、プラスチック製の瓶および灰皿)は、できるだけ装置の本体やモジュールに近付けたり、装置や部品を修理調整する作業場に置かないようにしてください。
4. 絶対に必要でない限り、装置の本体からプリント基板を取り外さないでください。本体からプリント基板を取り外さなければならない場合、以下の注意事項をよく守ってください。
 - 取り扱う時は基板の縁を持ち、プリント基板上の部品に触らない事。
 - 導電性の工具や手で、プリント基板の回路部やコネクタや電気部品に触らない事。

メモ

第 8 章 装置の返送要領

製品の保守 とサービス について

弊社の「製品およびサービスに対する保証」(保証書番号 5-01-1205)で定める弊社の制御装置に対して、弊社が行うサービスは以下のとおりです。この「製品およびサービスに対する保証」の効力は、ウッドワード社から製品が販売された時点、もしくは修理などのサービスが実施された時点で発生します。弊社が提供するサービスには、以下のような3種類のサービスがあります。

- 部品や装置の交換
- 通常(料金)の修理
- 通常(料金)のオーバーホール

装置を設置した後に何かトラブルが発生するか、満足な制御が得られない場合、次のようにしてください。

- このマニュアルの「トラブルシューティング」の章に従って、装置をチェックする。
- それでもトラブルが解決できないようであれば、弊社のカスタマ・サービス(TEL: 043-213-2198)に電話してください。ほとんどのトラブルは、電話で弊社のサービス・マンに連絡していただければユーザーが自力で解決できますが、もし解決できなかった場合は、上記の3種類のサービスのどれかを選択して、弊社のサービス・マンにお申しつけください。

部品や装置 の交換

「部品や装置の交換」は、カスタマが装置や施設をできるだけ早期に稼働させたい場合に行いますが、費用も若干高くなります。カスタマの要望が有りしだい、直ちに新品同様の交換部品や代わりの装置をお届けします。(通常、サービス・コール後 24 時間以内にお届けします。)ただし、カスタマからの要望があった時に持って行ける部品や装置が有った場合に限りです。従って、装置や施設の停止時間や、そのために発生するコストは最少になります。このサービスに要する費用は、通常の料金体系(Flat Rate structured program)に基づいて計算され、弊社の保証書 5-01-1205 で規定する「製品およびサービスに対する保証」に従って、弊社で定める製品に対する保証が全期間にわたって適用されます。

既設の装置を予定より早めに交換する場合や、あるいは不意に装置を取り替えなければならない為に、交換用の装置が必要な場合には、このサービスをお申しつけください。カスタマが弊社にサービス・コールを下された時に、社内にお送りできる交換用の装置があれば、通常 24 時間以内にカスタマ宛てに発送されます。カスタマは、現在使用している装置を、弊社から送られてきた新品同様の装置と付け替えて、古い装置は弊社に送り返してください。返送の手順は、この章の後ろの方に記載されています。

返送用オーソリゼーション・ラベル: 装置が迅速に修理担当者の手元に届くように、装置を梱包している箱に、返送された装置が入っている事がはっきりわかるようにしておいてください。これは、不必要な追加料金が掛からないようにする為にも必要です。弊社から発送される修理・交換用の装置の梱包箱には、必ず「返送用オーソリゼーション・ラベル」が入っています。梱包箱に故障した装置を入れて、箱に返送用オーソリゼーション・ラベルを貼り付けてから返送してください。梱包箱にオーソリゼーション・ラベルが貼られていない場合は、税関通過時に特別の検査を受け、その検査に掛かった費用を追加請求される場合がありますし、その結果、装置が修理担当者の手元に届くのが遅れる事になりますので、ご注意ください。

通常の修理

このサービスでは、弊社が装置を修理する前に、修理に要する費用がどれくらいになるかをカスタマにお知らせします。「通常の修理」を行なった装置の、修理／交換を行った部品や修理作業は、保証書 5-01-1205 の「製品およびサービスに対する保証」に基づく、弊社の標準のサービス保証が適用されます。

通常の オーバーホール

このサービスは、機械ガバナおよび機械部品に対してのみ適用されます。

装置の返送 要領

電子制御装置やその部品を修理の為に日本ウッドワードガバナー社に送り返す場合は、事前に返送用オーソリゼーション・ラベルを送付するように、弊社にお申し付けください。そして、以下に示す各項目を明記した荷札を添付してください。

- 修理後の制御装置の返送先の事業所名と所在地
- 修理を依頼された担当者のお名前と電話番号
- 制御装置の銘板に示されている部品番号(P/N)とシリアル番号(S/N)
- 故障内容の詳細説明
- 希望する修理の範囲



警告

この装置を組み込んだ制御盤内に F/T リレー・モジュールも組み込まれている場合、その制御盤を UL 規格の Class I、Division 2 の爆発危険場所に設置する事はできない。その制御盤は、非爆発危険場所にしか設置する事ができない。

爆発危険

- 現場に爆発の危険が全く無いという保証が無い限り、装置が通電された状態で、基板や部品やコネクタや電線を抜き差ししない事。

爆発危険

- (電気) 部品の交換を行うと、UL 規格の Class I、Division 2 に違反する可能性がある。



注意

装置を梱包する時には、不適切な取り扱いによって電子部品が損傷を受けないようにする為に、弊社のマニュアル JA82715:「電子装置、プリント基板、モジュールの取り扱いと保護」をよく読んで、その注意事項を厳守してください。

装置を本体 ごと梱包する

装置を本体ごと返送する場合は、次の材料を使用します。

- 装置のコネクタ全てに、保護用キャップを装着します。
- 電子制御モジュールは、静電保護袋に入れてから梱包します。
- 装置の表面に傷が付かないような梱包材料を用意します。
- 工業認可された対衝撃性の最低 10cm 厚の梱包材料で、しっかりと梱包します。
- 装置を2重のダンボール箱に入れます。
- 箱の外側に荷造り用のテープでしっかりと縛ります。

その他の 注意事項

修理する装置や部品に**注文書**(または**修理依頼書**)を同封してくだされば、装置が弊社に到着後、直ちに修理に取りかかる事ができます。弊社では、カスタマからの注文書を頂くまでは、修理を始めない事になっております。従って、注文書は極力装置到着時、またはそれ以前に、弊社のカスタマ・サービス宛てにご送付ください。詳細については、弊社のカスタマ・サービス(TEL: 043-213-2198)にお問い合わせください。

交換用部品

制御装置の交換用部品を注文される場合は、次の事柄も一緒にお知らせください。

- 装置の銘板に示されている部品番号(P/N)。(例:9906-xxx)
- 装置の銘板に示されているシリアル番号(S/N)。

弊社の所在 地、電話番号、 FAX番号

〒261-7119 千葉県千葉市美浜区中瀬 2-6 ワールドビジネスガーデン・マリブウエスト 19F
日本ウッドワードガバナー株式会社
TEL:043-213-2198 FAX:043-213-2199

その他のアフタ・マーケット・サービス

弊社では、製品をお客様に安心して使って頂く為に、装置販売後も次のようなサービスを実施しております。

- テクニカル・サポート
- プロダクト・トレーニング
- フィールド・サービス

テクニカル・サポートは、弊社のカスタマ・サービスにお電話くださればいつでもご利用頂けます。弊社の製品運転時に発生するカスタマの疑問や、トラブルの対処方法に付いては、何時でも弊社のカスタマ・サービスにお問い合わせください。製品の種類によっては、弊社の認定納入業者(Authorized distributor)にお問い合わせ頂くものもあります。通常の間時間帯であればカスタマ・サービスの担当者がお答え致します。夜間および休祭日で緊急の場合は、専用の電話番号がありますので、そちらにお電話ください。製品に関する技術的な問い合わせに付いては、どうぞ弊社のカスタマ・サービスにお電話ください。(TEL: 043-213-2198)

プロダクト・トレーニングは、富里本社またはカスタマの工場で行います。トレーニングには標準のコースもありますが、カスタマの要望があれば、内容を自由に変更する事ができます。どうすればタービン制御システムを、高い信頼性を維持しつつ、長期間連続運転できるかに付いて、カスタマの技術者からの質問に、弊社の専門のトレーナが懇切丁寧にお答え致します。カスタマ・トレーニングの内容やスケジュールに付いては、どうぞ弊社のカスタマ・トレーニングの担当者にお問い合わせください。(TEL: 043-213-2198)

フィールド・サービスは、カスタマからの要請があり次第、富里本社または弊社の認定納入業者からサービス・エンジニアを派遣して、直ちにカスタマのトラブルに対処致します。弊社のサービス・エンジニアは、弊社の製品、およびこれに接続される他社の製品に対する、長年のフィールド・サービスの経験があります。弊社のフィールド・サービスは、24 時間体制で運営されています。カスタマ・サービスの出張要請に付いては、営業時間内であれば、弊社のカスタマ・サービスに(TEL: 043-213-2198)、夜間および休祭日で緊急の場合は、専用の電話番号がありますので、そちらにお電話ください。(夜間および休祭日に、弊社の代表電話番号 TEL:043-213-2191 にお電話くだされば、テープで緊急連絡先を全てお教えするようになっています。)

インターネットのホーム・ページ

<http://www.woodward.com/corp/locations/japan/service.htm> に、弊社のアフタ・マーケット・サービスに付いて詳しく説明していますので、どうぞご覧ください。

メモ

**システム・
トラブルシ
ューティン
グ・ガイド**

以下にトラブルシューティング・ガイドを示しますので、トラブル発生時にはこのガイドに従って、どこにトラブルの原因があるのかを、1箇所ずつチェックして行ってください。トラブルに関して弊社のカスタマ・サービスにお電話くださる前に、このガイドに従って、前以って制御システムをチェックしておいてください。そうすれば、修理がより迅速かつ正確に行われる事になります。

アクチュエータ

- 作動油が汚れていないか？
- 作動油のレベルは適正か？
- アクチュエータの油圧は正しいか？（油圧式アクチュエータを使用している場合）
- アクチュエータの空気圧は正しいか？（ニューマティック・アクチュエータを使用している場合）
- ガバナのドライブ・シャフトは正しい方向に回転しているか？（ガバナがドライブ・シャフトで駆動されている場合）
- アクチュエータの配線は正しいか？
- アクチュエータの増方向と減方向は正しいか？
- コンペンセーションの値は、正しく調整されているか？
- 機械ガバナを使用している場合、速度、ドループ、ロード・リミットの設定は正しいか？
- 作動油の戻りラインがつまっていないか？
- 作動油の戻りラインに背圧がかかっているか？
- フィードバック信号は正しく調整されているか？

リンケージ

- リンケージの動きが鈍かったり、リンケージが動かなくなるような事はないか？
- ミスアラインメント（アクチュエータ・レバーの旋回平面とバルブ・レバーの旋回平面のずれ）が大きすぎたり、動きが固かったり、リンケージに横から圧力が掛かったりしていないか？
- 目視でチェックした時に、摩滅や傷がないか？
- リンケージは全作動行程でスムーズに動くか？

バルブ

- バルブの開度は、アクチュエータ出力に対応して正しくかつスムーズに変化するか？
- バルブは、最小位置から最大位置まで正しく動くか？
- バルブを、中間の任意の地点で停止させる事ができるか？
- ガバナ／アクチュエータが最小位置になる前に、バルブは全閉になっているか？
- ガバナ／アクチュエータが最大位置になる前に、バルブは全開になっているか？
- バイパス・バルブは正しい位置になっているか？
- バルブに傷が付いていたり、ゴミがつまったりして、バルブが閉じても蒸気が漏れる事はないか？

油圧系統

- 作動油の油圧は正しいか？
- 作動油の温度が高すぎないか？
- 作動油が汚れていないか？
- アクチュエータへの作動油の流量は充分か？
- アキュームレータは正しい圧力に加圧されているか？
- オイル・フィルタが目詰まりをおこしていないか？
- オイル・ポンプは正常に動作しているか？

**燃料噴射
ポンプ**

- 燃料調節棒のシャフトがスタックしていないか？
- 燃料調節棒のシャフトは、全作動行程でスムーズに動くか？
- ガバナの出力軸が最小位置から最大位置まで動く時の、各シリンダの燃料調節棒の動きに、シリンダ毎の違いはないか？
- ドレインの配管がつまっていないか？
- 噴射ノズルへの配管に、漏れや異常はないか？

燃料／蒸気

- エンジンやタービンの前圧は指定された値になっているか？
- 燃料圧や蒸気圧は、指定された範囲に入っているか？
- 圧力センサは、正しい位置に取付けられているか？
- 燃料／蒸気圧調整器や燃料／蒸気圧調整用バルブなどを使用していて、これがガバナの動作や燃料または蒸気の流れを妨害していないか？

**制御状態表示、
アラーム表示、
異常表示**

- ガバナのステイタス表示は、原動機が正常に動作していると表示しているか？
- ガバナでアラームが発生していないか？
- ガバナの部品のどれかに故障が発生して、ハードウェア・フォールトが表示されていないか？
- アクチュエータ出力要求値と実際のバルブ位置が一致しているか？
- シャットダウンが発生していないか？
- 制御装置のダイナミクスが、制御系のダイナミクスに一致するように調整されているか？

入力信号

- 制御装置の中で入力信号は全て正しく測定されているか？
- 入力信号は正しくシールドされているか？入力信号にノイズがのっていないか？
- 配線の仕方は正しいか？
- 現場の各装置から制御装置への配線が全て接続されているか、チェックしたか？
- 信号(配線)の極性は正しいか？

出力信号

- 出力信号は正しく調整(キャリブレーション)されているか？
- アクチュエータ・ドライバの出力の最大／最小が燃料噴射ポンプや燃料バルブやタービン・バルブの作動行程の全開／全閉と一致するか？
- 出力信号は正しくシールドされているか？出力信号にノイズがのっていないか？
- 配線の仕方は正しいか？

**トランス
デューサ**

- トランスデューサのレンジの調整は正しく行われているか？
- 使用する前に、ある入力を与えると、それに対応する信号が出力される事を確認したか？
- トランスデューサに正しい動作用の電力が供給されているか？
- トランスデューサに測定対象となる物質を送り込んでいる配管に、ゴミなどがつまっていないか？
- ブロック・バルブやブリード・バルブやバイパス・バルブは正しい位置に取り付けられているか？

**マグネティック・
ピックアップ
とその他の速度
センサ**

- 速度センサと制御装置の間の配線は正しいか？
- 接地ループが発生していないか？シールドが擦り切れた所はないか？
- 信号の大きさ(振幅)は充分か？(実効値で最低 1.5V 以上)
- 信号はきれいなサイン波または方形波で、スパイクや波形のくずれはないか？
- MPU の先端はきれいか？先端にオイルや磁性粉が付着していないか？
- MPU の先端が、割れたり、欠けたりしていないか？
- MPU や近接スイッチのギヤに対する取り付け方向は正しいか？
- 速度センサとギヤの歯の山との間隔は、正しく調整されているか？
- 速度センサの先端の大きさは、それが取付けられる歯のピッチと比較して、大きすぎたり、小さすぎたりしないか？

**電源の入力
電圧**

- 電源電圧は、指定された範囲内に入っているか？
- 電源電圧に、スイッチング・ノイズやスパイク電圧がのっていないか？
- 電源はガバナ専用か？他の装置にも動作用電力を供給している事はないか？
- 制御装置の電源のステイタス表示は OK になっているか？
- 制御装置の電源からの出力電圧は指定された範囲に入っているか？

電気系統の配線

- 電気系統の配線は、(端子台に)全てしっかりネジ止めされているか？周囲とショートしている事はないか？
- 信号線は全てシールドされているか？
- 信号線が接続されている装置から制御装置本体まで、信号線のシールドは完全に連続しているか？
- シールドの接地は、ウッドワード社の指定に基づいて、正しく行われているか？
- 低電圧の信号線と、高電圧・大電流の信号線を同じダクトに這わせていないか？
- ガバナのグラウンド・レベルで他の装置のグラウンド・レベルと接続しなくてはならないにも拘わらず、浮いているものはないか？
- 各信号に、電氣的ノイズがのっていない事を確認したか？

ボルテッジ・レギュレータ

- ボルテッジ・レギュレータは、正しく動作しているか？

他の装置

- 5009 制御装置が他の装置に接続されており、この装置からの信号が原因で制御装置が正しく動かないという事はないか？
- 外部の他の装置は 5009 制御装置に正しい信号を送信しているか？
- 外部の他の装置からの出力信号の規格と 5009 制御装置の入力側の規格は一致しているか？

技術情報

お客様が、トラブルなどのために弊社にお電話をくださる場合には、必ず以下の事柄も一緒に弊社にお知らせください。トラブルがどのような状況で発生したかが、より正確にわからなければ、正しい対処はできません。必要事項を、前もって、下の各欄に記入しておいてください。

**工場名と
所在地**

お客様の工場名 _____
 お客様の工場の所在地 _____
 電話番号 _____
 FAX 番号 _____

**原動機
に関する
データ**

エンジン／タービンの型式番号 _____
 原動機の製造者名 _____
 シリンダ数 _____
 使用する燃料（ガス、気体、蒸気など） _____
 定格速度、定格馬力等 _____
 用途／使用方法 _____

**ガバナ
に関する
データ**

制御システムに組込んで御使用になっている弊社の製品（ガバナ、アクチュエータ、電子制御装置）は、全て記載する事。

ウッドワード社の製品の部品番号とレビジョン _____
 制御装置の特徴／ガバナのタイプ _____
 シリアル番号 _____

ウッドワード社の製品の部品番号とレビジョン _____
 制御装置の特徴／ガバナのタイプ _____
 シリアル番号 _____

ウッドワード社の製品の部品番号とレビジョン _____
 制御装置の特徴／ガバナのタイプ _____
 シリアル番号 _____

ウッドワード社の製品の部品番号とレビジョン _____
 制御装置の特徴／ガバナのタイプ _____
 シリアル番号 _____

ウッドワード社の製品の部品番号とレビジョン _____
 制御装置の特徴／ガバナのタイプ _____
 シリアル番号 _____

ウッドワード社の製品の部品番号とレビジョン _____
 制御装置の特徴／ガバナのタイプ _____
 シリアル番号 _____

ウッドワード社の製品の部品番号とレビジョン _____
 制御装置の特徴／ガバナのタイプ _____
 シリアル番号 _____

電子制御装置もしくはプログラムで設定値を調整する制御装置を御使用の場合は、お電話をくださる前に、装置の設定用ポテンシオメータの位置または設定値のリストを、お客様の手近に準備しておいてください。

メモ

このマニュアルに付いて何か御意見や御感想がございましたら
下記の住所宛てに、ご連絡ください。

〒261-7119 千葉県千葉市美浜区中瀬 2-6
ワールドビジネスガーデン・マリブウエスト 19F
日本ウッドワードガバナー株式会社
マニュアル係
TEL:043-213-2191 FAX:043-213-2199

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



WOODWARD

PO Box 1519, Fort Collins CO 80522-1519, USA
1000 East Drake Road, Fort Collins CO 80525, USA
Phone +1 (970) 482-5811 . Fax +1 (970) 498-3058

Email and Website—www.woodward.com

Woodward has company-owned plants, subsidiaries, and branches,
as well as authorized distributors and other authorized service and sales facilities throughout the world.

Complete address / phone / fax / email information for all locations is available on our website.