



表1 計測装置についての抜粋

発電用火力設備に関する技術基準を定める省令	
ガスタービン	第34条
	一 ガスタービンの速度
	二 ガスタービンの空気圧縮機の吹出圧力
	三 ガスタービンの入口におけるガスの温度
	四 ガスタービンの軸受の入口における潤滑油の圧力
五 ガスタービンの軸受の出口における潤滑油の温度	
内燃機関	第39条
	一 内燃機関の速度
	二 内燃機関の出口における冷却水の温度
	三 内燃機関の入口における潤滑油の圧力
四 内燃機関の出口における潤滑油の温度	
電気設備に関する技術基準を定める省令	
発電所	第51条
	一 発電機の電圧及び電流又は電力
	二 発電機の軸受及び固定子の温度
	四 主要変圧器の電圧及び電流又は電力
	五 特別高圧用の変圧器の油温

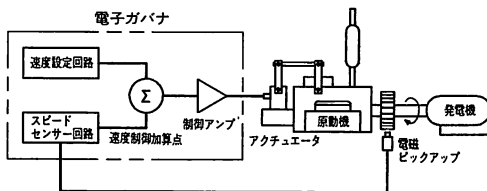


図-2 速度制御システム (例)

2. ガスエンジンの計測制御

2.1 速度制御

エンジン制御の心臓部、速度制御のガバナについては一番多用されているW社の電子ガバナを例として図-2に示す。

ガスエンジンの速度は速度検出装置（電磁ピックアップ）によって検出され、速度に比例した周波数の交流電圧に変換される。

この信号は「スピードセンサー回路」に入力され周波数に比例した直流電圧で出力される。

「速度設定回路」は直流の設定電圧を出力し、「スピードセンサー回路」からの出力電圧と「加算点」で比較される。

この比較信号によって「制御アンプ」はエンジン速度を増、減させる出力を出す。

「アクチュエータ」は制御アンプからの出力に追従し、速度設定電圧と速度検出信号電圧が等しくなるまで燃料制御機構を動かしてエンジンの速度を修正する。

2.2 NO<sub>x</sub>制御

現在用いられているガスエンジンの低NO<sub>x</sub>化技術には「三元触媒方式」と「希薄燃焼方式」がある。

「三元触媒方式」は、排気ガス中の3成分（HC, CO, NO<sub>x</sub>）を同一触媒で同時に処理する方式であるが、O<sub>2</sub>過剰域ではNO<sub>x</sub>が処理できない。

これは、HC, COが酸化処理されるのに対してNO<sub>x</sub>は還元処理されるためである。

そこで燃料に対する理論空気比制御が必要となる。

この制御は許容幅の少ない厳密な制御が要求される。

当社はN社と共同で簡易型NO<sub>x</sub>コントローラを開発、実用化している。

これは、あらかじめ排ガス分析をしながら、各運転条件における、最適空気比（バイパス弁解度）とO<sub>2</sub>センサー出力の相関を実測する。

このデータをマイクロコンピューターに記憶させておく。

運転中は、マイクロコンピューターがその時の運転条件に見合うデータを参照しながら、常に最適空気比になるように、O<sub>2</sub>センサーによるフィードバック制御を行なう方式である。

生NO<sub>x</sub>値は2,000~3,000ppm (O<sub>2</sub>=0%)となる。

「希薄燃焼方式」は、燃料に対する空気比を大きくすれば燃焼温度が下がり、NO<sub>x</sub>の低減ができることを利用したものであるが、空気比を増やすことは同じ出力でも大きな排気量のエンジンを用意しなければならない。

ここでも空気比の制御が必要であるが、メーカーにより少しずつ方式に違いがあり、三元触媒方式のような厳密な空気比の制御は行なわれていない。

制御例を図-3に示す。

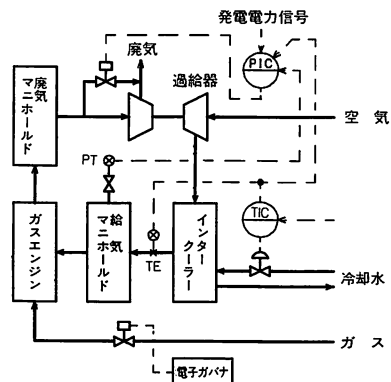


図-3 空燃比制御システム (例)

この方式は、発電電力に応じた給気圧力をあらかじめ求めて記憶しておき、発電電力に応じた給気マニホールドの圧力制御（過給機駆動用排気タービンに流す排気量で制御する）を行なう。

同時に、給気の温度補正も行なっている。

NO<sub>x</sub>値は200~300ppm（O<sub>2</sub>=0%）となるが、なお低減する場合は脱硝設備が必要となる。

### 2.3 排ガス温度監視

「三元触媒方式」の場合、触媒層の温度を監視することにより、未燃ガスによる後流燃焼がキャッチできエンジントラブルの発見、触媒の保護ができる。

「希薄燃焼方式」は大型エンジンに採用され、個別シリンダーの温度を直接検出し、監視することによりシリンダーごとの不具合を早期に発見できる。

## 3. ガスタービンの計測制御

### 3.1 速度制御

ガスタービン制御装置は、発電機負荷の如何にかかわらず、ガスタービン回転数（周波数）を一定に保つように燃料流量を制御し、更に始動停止中を含め全運転範囲にわたって安全に運転するものである。

図-4にA社の制御ループ例を示す。

「電子式制御装置」は、「速度設定器」からの設定信号及びタービン回転数信号を受けて制御演算し、「ガス燃料制御弁」に燃料増加又は減の電気信号を送り、エンジンの回転速度を制定する。

また、回転数信号及び圧縮機入口温度信号により加

減速スケジュールを設け、さらにタービン入口温度信号と回転数信号、圧縮機入口温度信号により燃焼ガス温度過昇限界を設定し、始動時、過渡状態においてもこれらの限度を越えないように燃料流量を制御している。

「発電電力制御器」は電力設定値と発電機の発電電力信号を受けて制御演算し、「速度設定器」に補正信号を送る。

「ガス燃料制御弁」は、電子制御装置からの電気信号に従って、ガスタービンに供給する燃料を調整するもので、燃料を計量する燃料計量部と、それを制御する制御部に分けられる。

燃料の計量は弁前後の差圧を一定に保つ機構を設けて、弁ストロークと流量が直線的に対応する構造となっている。

制御部は電気信号を弁動作に変換するものである。

「圧縮機入口温度」検出器は、空気圧縮機入口での温度信号を「電子式制御装置」に送り、加速時及び減速時の燃料流量制御のための演算信号となる。

「タービン入口温度」信号は、「タービン出口温度」検出器の温度信号を「電子式制御装置」に送り計算により入口温度に変換してリミッター信号として使われる。

「タービン出口温度」検出器の熱電対は2系統設けられ、一方の熱電対が故障した場合には、他方の信号が選ばれ安全な運転ができる。

「電子式制御装置」にはアナログ式とデジタル式が

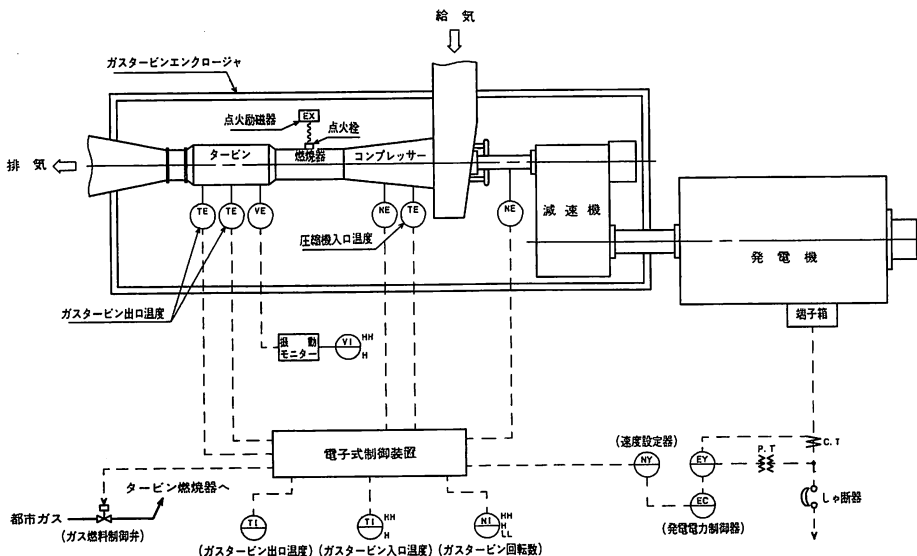


図-4 ガスタービンの速度制御図 (例)

あり、耐ノイズ性及び温度上昇にはアナログ式の方が優れているが制御機能はデジタル式の方が優れている。

いずれにしても電源にノイズフィルター、配線にシールドアース、収納盤にクーラーの考慮が必要である。

### 3.2 NO<sub>x</sub>制御

ガスタービンのNO<sub>x</sub>制御は、燃焼火焰に水又は蒸気を噴霧して火焰温度を下げることによりNO<sub>x</sub>濃度が下がることを利用しており、燃料と水又は蒸気の流量比率制御を行なう。

ここでガスタービンのNO<sub>x</sub>計測を連続で行なう場合は、「ガスタービン用」と指定する必要がある。

NO<sub>x</sub>計はNO計として作られており、排気中のNO<sub>2</sub>は触媒によりNOに変換され計測している。

希薄燃焼の排ガス中には、NO<sub>2</sub>がNO<sub>x</sub>成分の40～50%存在するため触媒の消耗が早いので触媒充填量を多くして出荷される。

ガスエンジンの希薄燃焼方式の場合も同様の注意が必要である。

## 4. 熱回収系の計測制御

熱回収を蒸気で行なう場合は排熱ボイラー、温水の場合は熱交換器を設置する。

熱回収量は発電電力に比例するが、回収温度を高くすると回収効率は低くなり、回収温度を低くすると利用効率が低くなるのが一般的である。

コージェネレーション設備の場合は発電「主」熱回

収「従」の制御が一般的で、蒸気・温水は成り行き発生となる。

熱回収系に余剰が発生した場合は放蒸弁や冷却塔への放熱等で制御し、熱負荷が大きい場合は既設設備でカバーすることになる。

図-5にガスエンジンコージェネレーションフロー図(例)を示す。

## 5. 発電電力系の計測制御

### 5.1 発電電力の制御

発電電力の制御形態には、「発電電力一定制御」「最大電力制御」「受電電力一定制御」がある。

「発電電力一定制御」とは、負荷電力に変化があっても発電機は設定された値を常に発電する制御方式である。

「最大電力制御」とは、負荷電力に変化があっても発電機は定格最大電力を常に発電する制御方式である。ただし、タービンの場合の出力特性は吸気温度の上昇により低下するため、最大電力制御もその特性に従った制御となる。

「受電電力一定制御」とは、商用電源からの受電量を一定にするよう発電電力を制御する方法で、負荷電力が発電容量より大きい場合は「最大電力制御」と同じ状態となる。

発電容量近くで負荷変動が頻繁にある場合は、制御方法に工夫が必要となる場合がある。

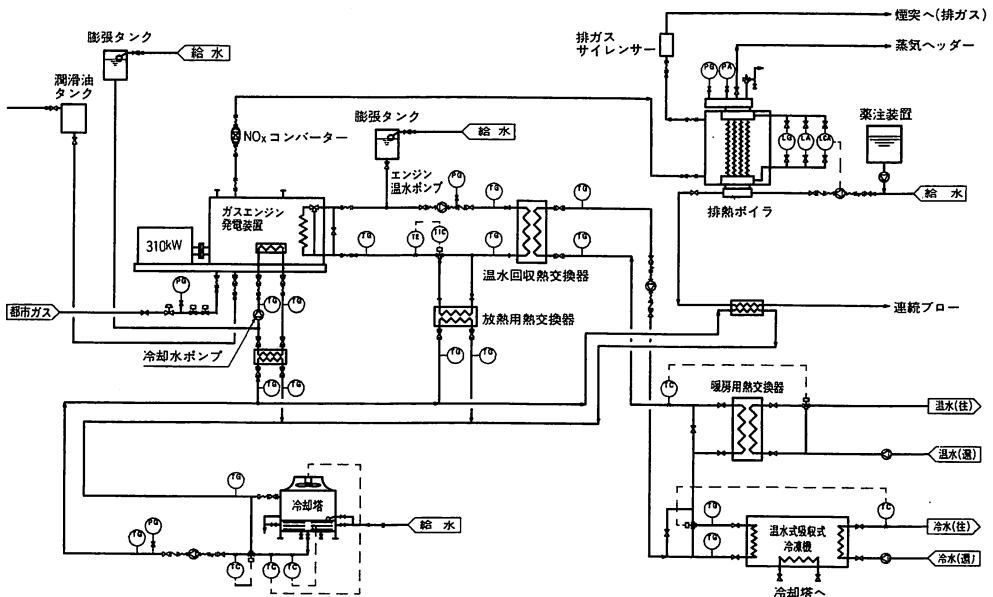


図-5 ガスエンジンコージェネレーションフロー図(例)

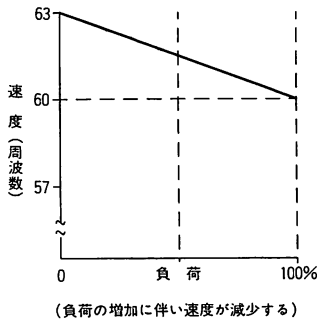


図-6 ドループ制御 (5%) (例)

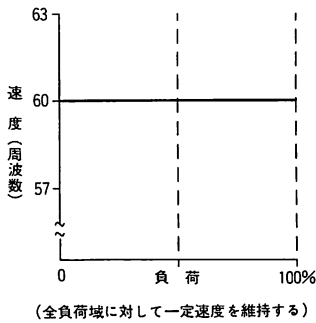


図-7 アイソクロナス制御 (例)

5.2 並列運転制御

並列運転時の負荷分担制御の方法に「ドループ制御」の場合と「アイソクロナス制御」の場合がある。

「ドループ制御」とは電子ガバナに速度 (周波数) 設定と発電機のkW負荷との間に、図-6のような関数で表せる特性を持たせて、負荷分担を簡単に制御する方法 (kWドループ)。

ドループ制御間で並列運転をする場合は、ドループ特性を同一にする。

この時、均等負荷配分は出来るが、負荷変化により周波数が変わるので、アイソクロナス制御と並列運転の方が安定する。

この時のアイソクロナス制御は大きな容量が必要で、商用電源はこの条件にあう。

「アイソクロナス制御」とは電子ガバナに図-7のような関数で表せる特性を持たせた速度 (周波数) 制御ガバナと、発電電力センサーを持ち負荷分担制御を行うが、発電電力センサーの応答時間が速くないと制御出来ない。

5.3 商用電源との並列

コージェネレーションの系統連系技術要件ガイドラインによる保護継電器の設置が義務付けられている。

この中で、「逆電力継電器」と機能的二重化方式に使う「低電力継電器」を用いた場合には以下の点に注意する。

- (1) 三相負荷電流のアンバランス
  - 単相負荷の発停, 特に夜間の照明負荷制御。
- (2) 大型機の停止操作
  - 瞬間的な負荷減少となり, 電力制御が追いつかない。ラインシステムの停止の場合も同じ。
- (3) 特殊負荷
  - 過負荷停止を起こしやすい負荷, ON-OFFの激しい負荷 (練りミキサー, 誘導炉, アーク炉, ウェルダ等)

6. 遠隔監視システム

当社とY社でコージェネレーション設備の遠隔監視システムを共同開発し、運用中である。

これはコージェネレーション設備の設置件数急増と客先におけるエネルギー分担が高いため、次の目的を持っている。

- (1) トラブル発生時の素早い対応と正確な状況把握, 早急な原因解析
  - (2) 運転状況監視による適正なメンテナンス
  - (3) 運転データの蓄積による故障予知
- システムの構成を図-8に示す。
- 客先システムの機能
- (1) 日報・月報等のデータロギング
  - (2) 運転状況監視
  - (3) トラブル前後のデータ保存及び表示と当社センターへの自動発信
- 当社センターへの機能
- (1) 客先からのトラブルデータの自動収集と表示

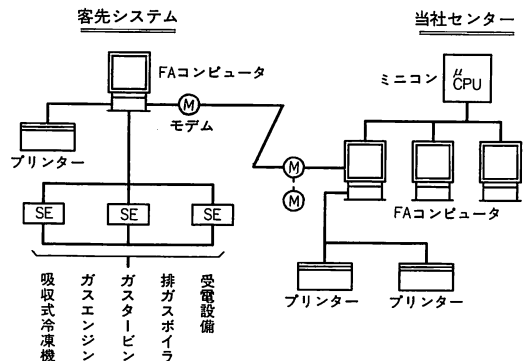


図-8 遠隔監視システム (例)

表2 遠隔感監視項目リスト

ガ ス エ ン ジ ン			ガ ス タ ー ビ ン		
【高速Ai】			【高速Ai】		
1	エンジン回転数	12	1	タービン回転数	12
2	過給機回転数1	13	2	ガバナー出力	13
3	過給機回転数2	14	3	排気温度	14
4	ガバナー出力	15	4	タービン入口温度	15
5	給気(混合気)圧力	16	5	空気圧縮機駆動タービン回転数	16
6	潤滑油圧力	17	6	空気圧縮機吐出圧力	17
7	燃料ガス圧力	18	7	ガス圧縮機出口ガス圧力	18
8	発電機電力	19	8	発電機電力	19
9	発電機電圧	20	9	発電機電圧	20
10	発電機電流	21	10	発電機電流	21
11	発電機周波数	22	11	発電機周波数	22
12	発電機力率	23	12	発電機力率	23
13	受電電力	24	13	受電電力	24
14	受電電力	25	14	受電電圧	25
15	受電周波数	26	15	受電周波数	26
16	受電力率	27	16	受電力率	27
		28	17	潤滑油機関入口温度	28
		29	18	潤滑油機関出口温度	29
【通常Ai】			【通常Ai】		
1	ボイラー入口排気ガス温度	30	1	潤滑油圧力	30
2	ボイラー出口排気ガス温度	31	2	制御油圧力1	31
3	ドラム圧力	32	3	制御油圧力2	32
4	ドラムレベル	33	4	タービン軸振動1	33
5	ダクトバーナー燃料ガス流量	34	5	タービン軸振動2	34
6	給気バイパス弁	35	6	空気圧縮機駆動タービン振動1	35
7	過給機入口排気温度1	36	7	空気圧縮機駆動タービン振動2	36
8	過給機入口排気温度2	37	8	減速機振動	37
9	触媒層内排気ガス温度	38	9	燃料ガス流量	38
10	ブースト圧力	39	10	水噴射流量	39
11	空気バイパス弁開度	40	11	ガス圧縮機バイパス弁開度	40
12	一次冷却水圧力	41	12	ボイラー入口排気ガス温度	41
13	二次冷却水圧力	42	13	ボイラー出口排気ガス温度	42
14	燃ガス流量	43	14	ドラム圧力	43
15		44	15	ドラムレベル	44
16		45	16	ダクトバーナー燃料ガス流量	45
【低速Ai】			【低速Ai】		
1	給気(混合気)温度	46	1	潤滑油温度1	46
2	シリンダー出口排気温度1	47	2	潤滑油温度2	47
3	シリンダー出口排気温度2	48	3	スラスト軸受温度1	48
4	シリンダー出口排気温度3	【P/i】	4	スラスト軸受温度2	【P/i】
5	シリンダー出口排気温度4	1	5	吸気温度	1
6	シリンダー出口排気温度5	2	6	純水供給圧力	2
7	シリンダー出口排気温度6	3	7	吸気フィルター差圧	3
8	シリンダー出口排気温度7	4	8	タービン排ガス背圧	4
9	シリンダー出口排気温度8	5	9	ガス圧縮機入口ガス圧力	5
10	シリンダー出口排気温度9	6	10	発電機固定巻線温度	6
11	シリンダー出口排気温度10	7	11	所発機軸受温度1	7
		8	8	ダクトバーナー燃料ガス量	8

(2) 客先の運転状況の監視と日報・月報の収集

(3) 定期整備・トラブル情報の登録と検索

表2に計測項目の割付けリストを示す。

これは現在取扱っている機種について網羅したもので、個別機種ごとに取捨選択が必要である。

この他に状態表示及び故障表示のリストがある。

計測項目の高速・通常・低速の区別は、サンプリング周期が違うからで、0.2秒・1秒・10秒となっている。

接点データは高速区分に準ずる。

図-9に高速サンプリングデータのトレンドグラフ

例を示す。

### 7. コージェネレーション設備を複数台設置するときの考え方

複数台設置するときは設備コストを抑えるために共用設備が計画されるが、共用保護回路が複数台を同時に停止させることのないように保護回路、システムに配慮が必要である。

単機毎のメンテナンスについても、配管ラインや電源系統についても配慮が必要である。

電力負荷が多い時に複数台のコージェネレーション

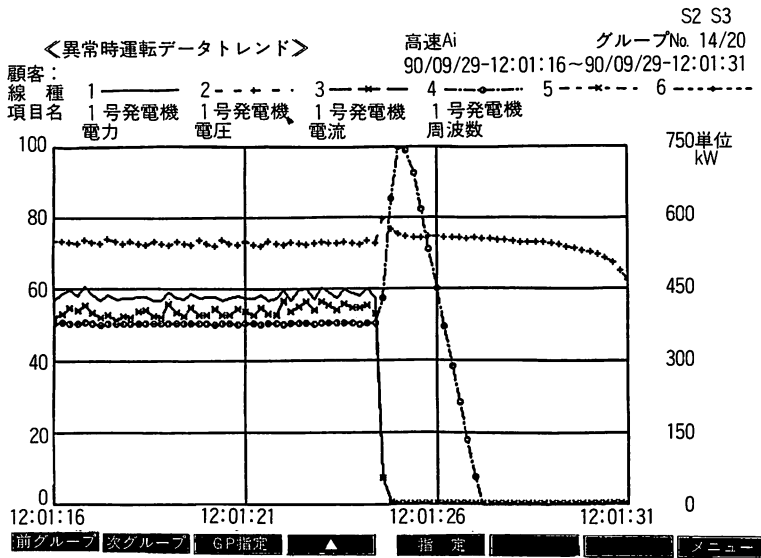


図-9 高速データのトレンドグラフ

設備が同時に停止すると電力デマンドオーバーとなる。

これを防止するために、デマンド監視装置による負荷制限回路又はエンジン停止と連動した負荷遮断回路を設けておく。

### 8. おわりに

この数年の間にコージェネレーション設備の設置台数も130台を越え、容量・種別もメーカーの数も増え

た。

当社のメンテナンス体制も軌道に乗り、システム設計の標準化も少しは出来たが、初めて経験することもまだまだある。

客先の声を参考にメーカーと協力してより一層の標準化を進め、安心して使えるシステム、バックアップ体制を目指したい。

### 他団体ニュース

### 「1991年国際ガスタービン会議横浜大会」について

- |              |                              |                                  |   |
|--------------|------------------------------|----------------------------------|---|
| 1. 運営母体      | 1991年国際ガスタービン会議<br>横浜大会組織委員会 | 7. 歓迎レセプション                      | 10月27日(日) 夕刻  |
| 2. 共催学会      | (株)日本ガスタービン学会<br>(株)日本機械学会   | 8. 研究発表講演会                       | 10月28日(月)~31日(木)                                      |
| 3. 会 期       | 1991年10月27日(日)<br>~11月1日(金)  | 9. 見学会                           | 11月1日(金)  |
| 4. 会 場       | 横浜国際会議場「パシフィコ横浜」             | (株)東芝 京浜事業所<br>(財)電力中央研究所 横須賀研究所 |   |
| 5. 参加予定数     | 約500名                        | 10. 展示会                          | 10月28日(月)~31日(木)                                      |
| 6. 研究発表講演予定数 | 130件                         |                                  | ガスタービン、ターボチャージャ関連部品、<br>機器およびカタログ等我が国のものを中心に<br>展示する。 |

問い合わせ先：〒106 東京都港区1-9-14 AH1ビル  
(株)コンベックス内 1991年国際ガスタービン会議横浜大会運営委員会  
TEL 03-3589-3355 FAX 03-3589-3974