

目 次

CONTENTS

1. 計装とは.....	1
【解説】自律分散システムとは？	2
1.1 計装の歴史	3
1.2 要求条件と環境条件.....	4
【解説】製品と商品の違い.....	5
1.3 計装システムの基本構成.....	6
【解説】電気コタツの温度制御の仕組み	7
1.4 伝送信号の使い分けとノイズ対策.....	10
【解説】電流信号から電圧信号への変換	11
1.5 ループの構成方法	12
1.5.1 信号源の内部抵抗と受信側の入力抵抗との整合.....	12
1.5.2 機器への信号分岐方法.....	12
1.5.3 流量制御ループの構成例.....	13
1.5.4 コモンモードノイズとノルマルモードノイズ.....	14
1.5.5 ループ間絶縁	14
1.5.6 接点入出力のシンクタイプとソースタイプの使い分け.....	16
【解説】電気信号接続ケーブルはどんなもの？	17
2. 検出部と変換部.....	18
2.1 温度検出と信号変換.....	19
2.1.1 熱電対	20
【解説】高温用熱電対の劣化防止対策例	24
2.1.2 測温抵抗体	28
【解説】金属と半導体の温度 / 抵抗特性の違い.....	29
【解説】規定電流とは？	33
【解説】測温抵抗体の旧 JIS と新 JIS 規格の違いは？	33
2.1.3 温度センサの設置方法	34
【解説】保護管の折損事故の例	36
【解説】保護管先端の加工方法	36
2.1.4 放射温度計	37
2.2 圧力・絶対圧力・差圧の測定.....	38
2.2.1 圧力単位	38
【解説】気圧計による高度測定	40
【解説】気球は、なぜ目的の場所に行けるの？	40
【解説】なぜ圧力単位を Pa にしたの？	41
2.2.2 圧力検出と信号変換.....	42

目次

CONTENTS

2.2.3	検出エレメント	42
2.2.4	差圧・圧力伝送器	44
	【解説】 どうしてシリコンセンサで差圧が検出できるの？	48
2.2.5	差圧伝送器による圧力、絶対圧、差圧の測定	50
	【解説】 サイフォン管の効用	52
	【解説】 微差圧の測定	52
	【解説】 エジェクター効果の仕組み	53
	【解説】 高温・高真空用ダイヤフラムシール形圧力伝送器の取付時の注意点	54
	【解説】 テフロン膜のガス透過対策例	55
2.3	流量の測定	56
2.3.1	差圧式流量計	60
	【解説】 差圧式流量計の測定精度とゼロ点誤差の考え方	65
	【解説】 差圧式流量計の積算誤差の考え方	66
	【解説】 差圧式流量計の自動レンジ切替え例	67
	【解説】 オリフィスプレート取付時の注意	68
	【解説】 ボイル・シャルルの法則	69
	【解説】 導圧管用ストップ弁の形式選定改善例	70
2.3.2	渦流量計	71
	【解説】 渦周波数の計算例	72
	【解説】 渦流量計とガスケット	75
	【解説】 気体流量測定あれこれ	76
2.3.3	電磁流量計	77
	【解説】 電磁流量計の進歩	83
	【解説】 電磁式船速計	84
2.3.4	面積式流量計	85
2.3.5	容積式流量計	88
2.3.6	その他の流量計	89
	1) タービン式流量計	89
	2) コリオリ式流量計	89
	【解説】 コリオリ流量計の原理	90
	3) 超音波式流量計	90
	4) 開水路流量計	92
	【解説】 なぜ流量計の上流に直管長が必要な？	95
	【解説】 気体流量積算時の積算過剰原因調査と解決例	96
	【解説】 液の流量測定値が時々大きく変動する原因と対策例	97
	【解説】 流量積算データと締切時刻の扱い	98
2.4	レベル測定	99
2.4.1	直読レベル計	100
	【解説】 レベルゲージの誤差	101
2.4.2	液圧式レベル計	102

【解説】極低温液体の液位測定	105
【解説】差圧伝送器のエレベーションとサブプレッションの意味	106
【解説】トリチェリの真空	107
2.4.3 パージ式レベル計	108
2.4.4 フロート式レベル計	108
2.4.5 ディスプレーサ式レベル計	110
【解説】ディスプレーサ式レベル計あれこれ	111
2.4.6 重量式レベル計	112
2.4.7 超音波式レベル計	112
2.4.8 マイクロ波式レベル計	113
2.4.9 重錘式レベル計	114
2.4.10 静電容量式レベル計	114
2.4.11 放射線式レベル計	115
2.5 工業用分析計	116
【解説】環境基準と分析計	116
2.5.1 液体分析計	118
1) PH 計	118
【解説】水の性質の不思議	121
2) 電極式液体導電率計	122
【解説】電極式液体導電率計になぜ交流が使われるの?	123
3) 電磁導電率計	124
【解説】各種水溶液の濃度を液体導電率計で計れますか?	125
【解説】各種水溶液の濃度と導電率の関係	125
4) 液体密度計	126
5) 濁度計	128
6) 酸化還元電位計 (ORP 計)	130
7) 粒子カウンタ	131
8) 残留塩素計	132
9) 全窒素全りん計	134
【解説】全窒素、全りんとは	135
10) 溶存酸素計	136
11) 近赤外分光分析計	137
2.5.2 気体分析計	139
1) ジルコニア式酸素計	139
【解説】大気の酸素濃度が 20.6% なのになぜ計装空気は、21% なの?	140
【解説】ジルコニア酸素計を利用した高温湿度計	141
2) 磁気式酸素計	142
3) ダストモニタ	143

目次

CONTENTS

4) プロセスガスクロマトグラフ	144
5) 振動式ガス密度計	146
6) 赤外線ガス分析計	148
3. 操作端	149
3.1 調節弁	149
3.1.1 駆動部	149
3.1.2 弁体	150
3.1.3 操作端補助機器	152
【解説】ポジションの使い方	153
【解説】ウォータハンマー現象	156
3.1.4 調節弁の作動	158
【解説】弁の作動	159
【解説】弁駆動部の選定と使用上の注意	160
3.1.5 調節弁の流量特性	161
3.1.6 調節弁のサイジング	163
【解説】弁の分解能を高める一方法	165
【解説】キャピテーションとフラッシング	166
【解説】チョークド差圧とは?	167
【解説】弁の騒音	168
【解説】弁と配管の共振騒音対策	169
【解説】自動弁の漏れ規格	170
【解説】自力式弁と自動弁の違い	171
【解説】弁グランド部の選定	172
【解説】グランドパッキンの選定	173
【解説】弁設置時の注意点	174
3.2 その他の操作端	175
3.2.1 ヒータ制御器	175
【解説】位相制御とゼロクロス制御	176
3.2.2 VVVF 回転制御器	177
4. 表示計器	178
4.1 指示計	178
4.2 記録計	179
5. 制御機器	182
5.1 調節計	182
5.1.1 空気式調節計	182
5.1.2 アナログ電子式調節計	183
5.1.3 デジタル式調節計	184

5.2	分散形制御システム.....	185
5.3	ネットワークベース制御システム.....	188
6	制御動作の基本.....	189
6.1	プロセスの特性.....	189
6.2	制御動作.....	190
	1) オンオフ動作.....	190
	2) 比例動作 (P 動作).....	191
	3) 積分動作 (I 動作).....	191
	4) 微分動作 (D 動作).....	192
	【解説】微分先行形 (En 型) と比例先行形 (Mn 型) PID 制御の 使い分け.....	193
6.3	PID の最適調整法.....	194
6.3.1	ステップ応答法.....	194
6.3.2	限界感度法.....	195
6.4	制御ループの構成.....	196
6.4.1	制御の種類.....	196
	1) フィードバック制御.....	196
	2) フィードフォワード制御.....	196
	3) シーケンス制御.....	196
6.4.2	比率制御ループ.....	197
6.4.3	カスケード制御ループ.....	197
	【解説】どんな時カスケード制御が有効か?.....	198
6.4.4	オーバライド制御ループ.....	199
6.4.5	プログラム制御ループ.....	199
6.4.6	定量バッチ制御ループ.....	199
6.5	高度制御.....	200
6.5.1	制御がむずかしい要因.....	200
	1) 無駄時間が長いプロセス.....	200
	2) 積分性のプロセス.....	200
	3) 応答の遅いプロセス.....	201
	4) 応答性が変化するプロセス.....	201
	5) 複数ループ間の干渉の強いプロセス.....	201
	6) オーバシュートを嫌うプロセス.....	201
	7) 外乱の大きいプロセス.....	202
6.5.2	各種の高度制御方法.....	203
	1) 制御出力の変化率リミット.....	203
	2) フィードフォワード制御.....	203
	3) 非線形制御.....	204

目次

CONTENTS

4) OJ スミスの無駄時間制御	204
5) 間欠積分制御	205
6) オートセレクト制御	205
7) ギャップアクションフローティングコントローラ	205
6.6 演算器、演算機能	206
6.6.1 流量の加算演算例	206
6.6.2 流量の比率演算例	206
6.6.3 差圧式流量の温度圧力補正演算例	207
7. システム設計の要素	209
7.1 信頼性	209
7.1.1 信頼性	209
1) 信頼性の定義	209
2) 信頼性の定量的表現	209
7.1.2 動作信頼性	210
1) 固有信頼性	210
2) 使用信頼性	210
3) 信頼性の経時変化	210
【解説】機器の輸送や保管条件が動作信頼性に影響します	210
7.1.3 システム信頼性	211
1) ノイズ防止対策	211
2) 操作信頼性	211
3) 二重化、三重化	212
7.1.4 環境条件	213
1) 物理的環境条件	213
2) 化学的環境条件対策	214
3) 電氣的環境条件対策	215
4) その他の環境条件	219
7.1.5 有寿命部品	220
【解説】ヒューズレス計器	220
【解説】分散形制御システムの交換推奨部品	220
7.2 安全性	221
7.2.1 安全性に関する法規	221
1) 高圧ガス取締法	221
2) 消防法	221
3) 防爆規格	221
7.2.2 安全設計	223
1) シャットダウンシーケンス	223
2) マイトシャットダウン	223
3) フェイルセーフ	223

4) フールブーフ	224
5) 安全面から見た接地の考え方	224
6) データ保存・ドキュメントの保存	225
7) その他の対策	225
【解説】操作端のフェイルセーフ	226
【解説】ガスレンジのフェイルセーフ	227
【解説】非常灯点灯の仕組み	228
【解説】電源遮断時の危険	228
【解説】モータ焼損事故の例	229
7.3 総合精度	230
7.3.1 総合誤差の定義	230
7.3.2 誤差の定量的表現	230
7.3.3 ループ総合誤差の考え方	230
7.3.4 スパン誤差と読取値の誤差	230
7.3.5 センサのタイプと精度安定性	231
7.3.6 積分形 A/D 変換器	231
7.4 電源と空気源	232
7.4.1 電源	232
【解説】無停電電源装置用蓄電池の寿命診断	233
7.4.2 計装用空気源	234
8. プロセス計装への応用	235
8.1 制御機器の選定	235
8.1.1 機械式機器・油圧式・空気式・電子式	235
1) 機械式	235
2) 油圧式	235
3) 空気式	235
4) 電子式個別箱形計器	236
8.1.2 分散形制御システム・ネットワークベース制御システム・ シーケンス制御機器	237
1) 分散形制御システム	237
2) ネットワークベース制御システム	237
3) シーケンス制御機器	237
【解説】計装設備の利用分野の分類	238
【解説】塗装色と塗料の種類	239
8.2 プロセス計装への応用	240
8.2.1 加熱炉制御の例	240
【解説】加熱炉の効率改善例	241
【解説】加熱炉の効率演算例	242

目次

CONTENTS

8.2.2 蒸留塔（精留塔）制御.....	243
1) 蒸留塔の制御例.....	243
【解説】蒸留塔の仕組み.....	244
2) 蒸留塔の内部還流制御の例.....	245
【解説】内部還流流量演算式を求める手順.....	246
8.2.3 反応缶（反応釜）制御の例.....	247
【解説】反応とは？.....	248
8.2.4 pH制御の例.....	249
1) 非線形制御の例.....	250
2) フィードフォワード制御の例.....	250
3) 間欠積分制御の例.....	251
4) 時間幅オン/オフ制御の例.....	251
8.2.5 冷却塔制御の例.....	252
【解説】気化熱と潜熱.....	252
8.2.6 ボイラ制御の例.....	253
1) 自動燃焼制御 ACC.....	253
2) 給水制御 FWC.....	256
【解説】ドラムレベルの逆応答.....	257
3) 蒸気温度制御 STC.....	258
【解説】効率 100%以上の不思議なボイラ.....	259
8.2.7 圧縮機またはブロワのサージング防止制御の例.....	260
【解説】サージング振動の原因.....	261
8.2.8 都市ガスプロセス.....	262
8.2.9 精製糖工場の例.....	265
8.2.10 電力監視システムの例.....	267
【解説】CTと電力モニタ間接続用配線材の太さの決め方.....	269
9. 計装機器の保守.....	270
9.1 保守の考え方.....	270
9.2 現場計器の保守.....	272
9.3 パネル計器の保守.....	273
9.4 システム機器の保守.....	274
9.5 パソコンの保守.....	275
【解説】パソコン内システム時計操作時の注意.....	275
9.6 ソフトウェアの保守.....	276
10. 参考資料.....	277
10.1 耐食材料の基本.....	277
10.1.1 金属材料.....	277

【解説】ステンレス鋼 SUS304 と SUS316 の見分け方	278
10.1.2 ゴム・プラスチック材料	279
10.2 代表的な物質の耐食データ	差込 1、2、3
10.3 蒸気表	差込 4
10.3.1 飽和蒸気表	差込 4
10.3.2 飽和蒸気・飽和水の比重量	差込 5
10.3.3 過熱蒸気・圧縮水の比重量表	差込 6
10.4 ガス常数表	差込 7
10.5 粘度	281
10.5.1 常圧気体	281
10.5.2 水・海水の粘度	282
10.5.3 液体の粘度	283
10.5.4 圧縮水の粘度	284
10.5.5 蒸気の粘度	285
10.6 配管の寸法	286
【解説】パイプとチューブの違い	287
10.7 経済流速と流速換算	288
10.7.1 経済流速	288
10.7.2 流速換算図	289
10.8 鋼管の基本許容応力	290
10.9 鉄鋼記号の分類別一覧表	291
10.10 金属材料の JIS/ASTM/DIN 対照表	292
10.10.1 鋳造品の対照表	292
10.10.2 鋼材・ボルト材・鋼管の対照表	293
10.11 ステンレス耐食鋼の組成と特性	294
10.12 ANSI フランジの温度・圧力限界表	295
10.13 計装関連略語集	296
10.14 計装技術用語	302
10.14.1 一般用語	302
10.14.2 業種用語	302
10.14.3 装置用語	303
10.14.4 装置構成機器	304
10.14.5 計装品構成機器	304
10.15 主な単位の換算	305
【解説】ノット、子午線、とりかじ・おもかじとは?	306