紙パルプ工場

電気設備の特殊性について (I)

王子製紙(株)小牧工場 村 田 公 夫

Characteristic of Electric Equipment in Pulp & Paper Mill (I)

Kimio Murata

Oji Paper Co., Ltd., Tomakomai Mill

1. はじめに

紙パルプ産業の技術者が現在社会的に要求されていることは、連続的に安定した製品を市場に送り出すこと、すなわち供給責任を果たすことを省エネルギーのもとで、公害を発生せずに行なうことであり、その電気設備もこれらに対応した考え方で計画、維持および運用しなければならない。

本稿では紙パルプ産業の電気設備が他産業に比較してどのような特殊性があるか、規模、設備、運用の概要およびその例について述べて参考に供したい。

2. 電気設備計画の考え方

2.1 連続操業への対応

紙パルプ工場はパルプ設備、抄紙設備および発電設備など高稼働率運転が必須条件の設備を備えた工場であり、連続操業が行なわれる。電気設備が連続操業により要求される条件は、供給側すなわち発電設備の供給信頼性と、使用側すなわちプロセス電気設備の機器の信頼性を高めることである。

2.1.1 発電設備の供給信頼性

一般に紙パルプ工場はプロセス用蒸気の供給と発電を行なうため自家発電設備を設け、その規模は発電機出力に比較し相当大きいので、設備機器、保安設備には事業用発電設備と同等の信頼性が要求される。また、電力系統はこの自家発電設備と電力会社よりの購入電力と並列されている場合が多いから、これらの保護協調と運用は複雑になっている。

したがって電力の供給支障発生確率、すなわち供給信頼度を向上させるため次のような考え方で計画している。

- (a) 高信頼性機器の採用。
- (b) 冗長方式の採用 (並置自動切換・他)。

系統構成、運用面では、

- (c) 事故の拡大防止と事故範囲の局限化。
- (d) 事故時の保安電源およびプロセス保安電源の確保。
- (e) 事故復旧の迅速化。
- (f) プロセス電気系統のユニット化 (作業停電の必要性)

2.1.2 プロセス電気設備の信頼性

プロセス電気設備で連続操業すなわち連続運転に対応する方法は機器の信頼性を高めることにある。これはまず設備を計画する時の配慮と、設備されたものの効果的保全を行なうことの二点になる。したがって次のような考え方で計画する。

- (a) 回路の簡素化と器具数の縮小 (プロセスの要求する条件を満足する最小限の器具数で回路を構成する)。
- (b) 単体器具の信頼性を高める (システムの信頼度を設定し、各器具の信頼性を合せる)。
- (c) 器具の設置環境を良くする (一度設置された器具の信頼性はほぼ環境条件により決る)。
- (d) 保全度の高い方法で設置する (故障が起こったら、早急に故障区分を判別し復旧が容易な設備にする)。

効果的な保全を実施するため、

- (e) 摩耗部分の管理体制の確立 (電動機軸受およびブラシ等の摩耗状態を把握し、給油および取替周期の決定)。

2.2 安定操業への対応

電気の供給信頼度、いわゆる連続性のほかに紙パルプ工場では電気の安定性、すなわち電圧および周波数の変動の少ないことが特に要求される。

2.2.1 電圧降下の影響

電圧変動、特に電圧降下の影響を受けるものは次の

ようなものである。

1. 抄紙機制御装置

抄紙機制御装置として古い設備では回転増幅機とMGとの組合せが用いられていたが、半導体技術の進歩により、トランジスタ又はICとサイリスタに置換され速度制御の応答は著しく改善された。この結果負荷すなわち機械系との応答時間に大きな差を生じ、電圧回復時の過電流が問題となってきた。

2. プロセスコンピュータ

最近の紙パルプ工場ではパルプ工程や抄紙工程の自動化および品質管理に積極的にコンピュータを採用しているが、この電源電圧が、ある値、普通10%程度以上下ると機能が維持できなくなる。

3. 電磁保持形接触器

電圧降下が更に大きくなり30~40%程度に達すると一般の電磁保持形接触器が保持不能となり、各モータが停止に至る。

2.2.2 電圧降下の対策

これらのプロセス側からの要求に対して供給側として、定常的には発電機のAVRで補正しており、事故時の電圧降下に対しては事故系統を健全な系統よりただちに分離する保護継電方式で対処している。

また、プロセス側の自衛策として

(a) 抄紙機の制御装置では電圧降下を検出して一旦サイリスタの位相を絞ってトリップを避ける方法を行ない、

(b) コンピュータ電源には高精度のAVRを設置し、

(c) 電磁保持形接触器には重要なもの特に給水ポンプ等など一旦停止すると生産再開まで長時間を要するものには瞬停対策を行なった接触器とか機械保持形を用い対処している。

2.2.3 周波数変動の影響と対策

一般に紙パルプ工場では自家発と購入電力とを並列しているの、周波数制御(AFC)は電力会社の系統に依存している。したがってプロセス設備で問題となるような変動はまずない。しかし、自家発の単独系統の場合とか、自家発と購入電力を分離した場合などは、周波数の制御、維持が問題となる。それは紙パルプ工場の自家発は背圧タービンで、背圧をプロセスの要求する圧力に制御しているからで、自家発のみでAFCを行なうには、水力発電所の設置、専用の復水タービンの設置などが必要で、短時間の周波数維持には背圧タービンの大気放出等によるAFC運転を行なう場合もある。

周波数変動の影響がプロセス設備で最も顕著に表われるのは、ストックインレットに原料を送り込むポン

表1 産業別需要構成率

(電気事業便覧)

(単位: %)

	1964
鉱業	4.2
食料品製造	2.0
繊維	3.3
パルプ・紙	8.8
化学工業	23.1
窯業土石製品	5.9
鉄鋼	23.3
非鉄金属製造	8.5
輸送用機械	2.5
国有鉄道	4.0
民営鉄道	3.1
その他	11.3
合計	

注: 九電力会社・他事業者、自家発消費全国計

プの回転変動で、これによるスライスヘッドの変動が問題となる。したがって、この対策と、パルププロセスの軽減のために原料ポンプのモータを速度制御しているところが多い。

2.3 公害対策への対応

連続した安定操業を維持、継続することができなくなる要因であるとともに、社会的使命からも重要な問題に公害問題あがる。特に紙パルプ産業は公害発生要因を多くかかえた産業と言われ、そのため種々の対策設備が設置され、その電気設備にも相当神経を使っている。

まず給電系統は供給信頼度の高い系統であることは勿論、事故停電時は速かに保安系統と切換えできることが必要である。また、電気機器も信頼性の高いものが要求され、特に電気機器の設置環境は腐食性ガス等必ずしも良くないから注意を要する。

電気機器自体にも公害源がある。主なものは変圧器の騒音、モータの騒音、しゃ断器のしゃ断音、送電線による誘導障害等である。これらも設置環境に応じて対策される。

3. 電気設備の規模

ここでは電力使用の面で、紙パルプ産業が全産業の

表 2 産 業 別 原 単 位 表
通商産業関係法令 受電認可基準

種 別	単 位	電 力 量 (kWh)	種 別	単 位	電 力 量 (kWh)
石 炭 (北海道)	トン	53	半 紙 (一般)	トン	700
石 炭 (東北)	"	170	半 紙 (新聞)	"	600
石 炭 (中国)	"	57	板 紙	"	700
石 炭 (九州)	"	72	和 紙	"	1,000
石 油 精 製	kl	15	硫 安 (電解法)	"	3,600
綿 糸 (20 番)	トン	1,430	硫 安 (ガス法)	"	740
綿 糸 布	10 ³ m ²	210	カ ー バ イ ト	"	3,300
人 絹 糸	トン	6,400	石 灰 窒 素	"	410
強 力 人 絹 糸	"	3,200	熔 性 磷 肥	"	1,000
ス ー プ (短繊維)	"	1,700	ソ ー ダ (電解法)	"	3,500
ナ イ ロ ン (短繊維)	"	2,800	ソ ー ダ (ガス法)	"	330
ナ イ ロ ン (短繊維)	"	3,600	ソ ー ダ 灰	"	230
ナ イ ロ ン (長繊維)	"	8,500	金 属 ソ ー ダ	"	17,000
テ ー プ ン (短繊維)	"	1,700	尿 素 磷	"	400
テ ー プ ン (長繊維)	"	9,500	黄 磷	"	17,000
ベ ー ル (G P)	"	3,800	赤 磷	"	21,000
パ ー ル (C.G.P.)	"	1,300	磷 酸	"	160
パ ー ル (S.C.P.)	"	600	過 酸 化 水 素	"	5,000
パ ー ル (U.K.P.)	"	500	酢 酸 纖 維	"	4,600
パ ー ル (B.K.P.)	"	650	フ ィ ル ム 生 地	m ³	33
パ ー ル (S P)	"	520	セ ル ロ イ ド 地	トン	1,600
パ ー ル (D P)	"	830	メ タ ノ ー ル	"	2,200
半 紙 (上 質)	"	1,000	ア デ ヒ ド 酸 酢	"	900
					600

表 2 (続き)

種	別	単 位	電 力 量 (kWh)	種	別	単 位	電 力 量 (kWh)
無 水 酢 酸	酸	トン	1,500	鋳 鋼 (平 炉)	炉	トン	500
塩 化 ビ ニ ル	ル	"	1,400	鋳 鋼 (電 炉)	炉	"	1,900
ア ノ ン	ン	"	5,500	鍛 鋼 (平 炉)	炉	"	600
ラ ク タ ム	ム	"	5,000	鍛 鋼 (電 炉)	炉	"	1,800
チ ッ プ (ナイロン)	ン)	"	1,200	フェロアロイ (FeMn)		"	3,800
ポ バ ー ル	ル	"	2,100	フェロアロイ (FeSi)		"	11,000
ビ ニ リ デ ン 樹 脂	脂	"	1,400	フェロアロイ (FeCi)		"	4,500
ア ク リ ル ニ ト ル	ル	"	2,700	フェロアロイ (FeNi)		"	1,300
塩 (加工式)	式)	"	2,000	フェロアロイ (SiMn)		"	5,500
ゴ ム	ム	"	240	フェロアロイ (SiCr)		"	8,000
板 ガ ラ ス (並厚換算)	算)	10 ³ 箱	12,100	粗 銅 (採選鉱を除く)		"	800
セ メ ン ト	ト	トン	135	電 気 銅		"	550
人 造 黒 鉛 電 極	極	"	10,000	伸 銅		"	2,500
研 削 材 (インゴット) (A)	(A)	"	3,700	電 気 鉛		"	700
研 削 材 (W A)	A)	"	2,200	電 気 亜 鉛		"	4,100
研 削 材 (C)	)	"	12,600	ア ル ミ ニ ウ ム		"	18,800
研 削 材 (G C)	C)	"	12,300	チ タ ン (電解を除く)		"	15,000
高 純 鉄	鉄	"	50	国 有 鉄 道 (電 車)		10 ³ トンkm = 10 ³ 車km (1車=10トン換算)	42
電 気 純 鉄	鉄	"	2,700	国 有 鉄 道 (電機客車)		"	25
平 転 炉 鋼 塊	塊	"	920	国 有 鉄 道 (電機貨車)		"	16
電 炉 鋼 塊 (普通鋼)	塊)	"	800	私 鉄		車 km	25
電 炉 鋼 塊 (特殊鋼)	塊)	"	900	都 市 ガ ス (製 造)		10 ³ m ³	60
普 通 鋼 材	材	"	160	都 市 ガ ス (低圧供給)		"	65
特 殊 鋼 材	材	"	220	都 市 ガ ス (高圧供給)		"	140

表 3 産 業 別 負 荷 率 表 通商産業関係法令 受電認可基準

種 別	負 荷 率	種 別	負 荷 率
鋳 山 精 錬	60 ～ 75	鉄 鋼	40 ～ 65
石 炭	60 ～ 70	ア ル ミ ニ ウ ム	90 ～ 95
食 料 品	50 ～ 65	金 属 工 業	55 ～ 75
織 維	55 ～ 85	機 械	30 ～ 50
紙 お よ び パ ル プ	70 ～ 80	船 舶	35 ～ 45
化 学 工 業	70 ～ 90	国 鉄	50 ～ 65
製 塩	70 ～ 90	私 鉄	45 ～ 60
石 油 精 製	75 ～ 80	ガ ス	60 ～ 75
ゴ ム	40 ～ 60	水 道	70 ～ 80
窒 素	60 ～ 85		

注 負荷率とは、次のものをいう。

$$\frac{\text{月平均電力}}{\text{最大需要電力（1時間平均）}} \times 100\%$$

表 4 設備別モータ使用割合（例）

なかでどのような位置づけになるか電力使用量，電力原単位，負荷率などについて触れる。

3.1 電力使用量

紙パルプ工場で使用される電力負荷はほとんどモータ負荷で，化学工業とか非鉄金属製造業のように電気炉の単一負荷でほとんどの電力を消費するものとは様相が異っている。

それらの負荷の消費する電力を総合したもの，さらにそれらを日本の全産業で総合し，全産業でどのような位置づけされているかを示したものが表 1 である。これでわかるように，紙パルプ産業は次に述べる電力原単位に比較し，全産業の中で電力消費量が多い，い

表 5 モータ種類別使用割合（例）

わゆる電力多消費産業といえるであろう。

3.2 電力原単位

紙パルプ産業の電力原単位は，その工場の製造品種，生産プロセスおよび生産規模によって異なり，また各企業とも昨今の省エネルギー化への転換を余儀なくされ，鋭意努力中であり一概に言えない。

したがって，電力原単位について他産業と比較することは難しいが，参考として通商産業関係法令の電気編で受電認可基準となっている各産業の原単位表を表 2 (p. 16) に記載する。

3.3 負 荷 率

ここでいう負荷率とは，月平均電力/最大需要電力（1時間平均）×100%で表わさるもの，すなわち電力

表 6 部 品 故 障 率 の 例
Earles の部品故障率および期待寿命の表

部 品 名	基準の故障率 10^{-6} /時間 (サイクル)			基準の期待寿命 10^6 時間		
	下 限	平 均	上 限	下 限	平 均	上 限
Accelerometers	0.35	2.8	21.4	0.92 cy	0.1 cy	0.5 cy
Accumulators	0.36	7.2	19.3	0.002 cy	0.009 cy	0.01 cy
Ammeters		0.29			1.0 cy	
Antennas	0.2	0.36	3.52	0.00004	0.008	0.04
Batteries, Chargeable	0.5	1.4	14.29	0.00003 cy	0.002 cy	0.005 cy
Batteries, Dry		60 cy		0.0008	0.12	0.16
Bearings	0.02	0.5	5.5			
Bearings, Ball	0.02	0.65	2.22	0.0005	0.006	0.016
Bellows	0.09	2.237	6.1	0.001 cy	0.01 cy	0.1 cy
Belts, Drive		3.6				
Blowers	0.642	2.4	3.57	0.001	0.004	0.008
Brake Assemblies	0.94	2.1	8.38		0.02	
Bulbs, Temperature	0.05	1.0	3.3			
Buzzers	0.05	0.6	1.3	0.01 cy	0.1 cy	1.0 cy
Cables	0.002	0.475	2.20			
Cams	0.001	0.002	0.004	0.1 cy	1.0 cy	100 cy
Cameras, Slit				0.005	0.001	0.002
Capacitors	0.001	0.1	2.385	0.002	0.015	0.06
Capacitors, Ceramic	0.042	0.15	1.64	0.002	0.016	0.02
Capacitors, Electrolytic	0.003	0.035	0.513	0.004	0.01	0.012
Capacitors, Mica	0.005	0.075	0.132	0.0025	0.015	0.02
Capacitors, Oil-Filled	0.12	0.3	1.95	0.003	0.015	0.06
Capacitors, Paper	0.003	0.05	0.29	0.0025	0.01	0.016
Capacitors, Tantalum	0.103	0.6	1.934	0.002	0.012	0.02
Capacitors, Tantalum, Solid	0.001	0.165	0.50	0.002	0.003	0.004
Carburetors		3.14				
Chokes	0.056	1.45	4.75			
Clutches	0.04	0.06	1.1		0.019	
Coils	0.008	0.05	0.33			
Commutators		3.81		0.001	0.006	0.01
Connectors, Coaxial	0.001 p	0.003 p	0.198 p	0.00005 cy	0.0001 cy	0.0005 cy
Counters	3.5	4.2	5.25	0.1 cy	0.3	0.6 cy
Crystals	0.04	0.1	0.14	0.01	0.04	0.08
Cylinders	0.005	0.007	0.81			
Diodes	0.16	0.2	1.47		0.2	
Drive Belt	0.142	3.875	15.0		0.002	
Fans, Exhaust	0.21	0.225	9.0			

部 品 名	基準の故障率 10^{-6} /時間 (サイクル)			基準の期待寿命 10^6 時間		
	下 限	平 均	上 限	下 限	平 均	上 限
Fuses	0.001	0.5	2.75			
Gages, Pressure	0.135	4.0	7.8	0.001 cy	0.1 cy	10.0 cy
Gages, Strain	1.01	11.6	15.0			
Gears	0.002	0.12	0.98	0.1 cy	1.0 cy	10.0 cy
Gear-Boxes	0.051	0.63	4.3			
Generators, A. C.	11.0	15.0	18.82			
Generators, D. C.	2.84	12.4	21.00	0.002	0.006	0.02
Heaters, Electric		7.64				
Horses	0.05	2.0	5.22			
Inductors	0.001	0.02	1.018			
Insulators	0.03	0.05	1.54			
Jacks	0.002	0.01	0.02		0.001 cy	
Joints, Hydraulic	0.012	0.03	2.01			
Joints, Mechanical	0.04	0.02	1.96	0.0025 cy	0.1 cy	1.0 cy
Lamps	0.1	0.625	8.0	0.000005	0.02	0.023
Lamps, Incandescent	0.1	0.64	1.18		0.01	
Lamps, Neon Glow	0.049	0.10	1.52		0.03	
Magnets	2.02	5.65	7.11			
Meters	0.005	0.025	5.77			
Motors	0.101	4.500	19.0	0.002	0.007	0.02
Pistons, Hydraulic	0.08	0.2	0.35	0.01 cy	0.05 cy	0.1 cy
Potentiometers	0.018	3.0	15.9	0.0025	0.02	0.03
Pumps	1.12	3.5	4.90	0.00003	0.005	0.2
Pumps, Vacuum	1.12	9.0	16.1			
Rectifiers	0.26	0.6	1.6	0.003	0.021	0.04
Regulators	0.7	2.14	5.54	0.005	0.001	0.04
Relays, Armature Type	0.11 cs	0.3 cs	0.5 cs		0.003 cy	
Relays, Thermal	0.12 cs	0.4 cs	1.0	0.02 cy	0.2 cy	0.25 cy
Resistors	0.001	0.159	1.00			
Resistors, Carbon	0.005	0.045	0.888	0.012	0.015	0.05
Resistors, Composition	0.005	0.043	0.297	0.011	0.014	0.04
Resistors, Film	0.011	0.03	0.058	0.0135	0.0145	0.06
Resistors, W. W.	0.042	0.087	0.197	0.011	0.014	0.05
Seals, Sliding	0.11	0.3	0.92			
Sensors, Pressure	1.7	3.5	6.6	0.01 cy	0.35 cy	1.0 cy
Sensors, Temperature	1.5	3.3	6.4		0.01	
Servos	1.1	2.0	3.4	0.02	0.04	0.605
Shafts	0.15	0.35	0.62			
Solar Cells				0.0005	0.003	0.02

部 品 名	基準の故障率 10^{-6} /時間 (サイクル)			基準の期待寿命 10^6 時間		
	下 限	平 均	上 限	下 限	平 均	上 限
Spark Plugs		3.68			0.0025	
Springs	0.004	0.105	0.221			
Switch	0.009 cs	0.05 cs	1.14 cs	0.01 cy	0.03 cy	20.0 cy
Switch, Micro	0.09 cs	0.25 cs	0.5 cs			
Switch, Rotary	0.118 cs	0.175 cs	0.57 cs	0.01 cy	0.04 cy	2.00 cy
Synchros	0.09	0.35	0.61			
Tanks	0.083	0.15	0.27			
Thrmostats	0.02	0.3	0.487	0.02 cy	0.25 cy	0.5 cy
Transducers	7.0	15.0	52.2		0.015	
Transformers	0.01	0.15	2.08	0.004	0.01	0.03
Transistors	0.025	0.61	1.44		0.2	
Transistors, Germanium	0.05	0.3	1.91			
Transistors, Silicon	0.1	0.5	1.44			
Tubes, Elect., Comm., Pentode	0.83	2.5	3.86			
Tubines	3.33	10.0	16.67	0.008	0.011	0.015
Vaives	0.112	0.212	2.29	50.0 cy	60.0 cy	100.0 cy
Vibrators	0.4	0.5	1.2		0.15 cy	

(注) p は pins, cy は cycles, cs は contact sets をあらわす。

負荷が一定負荷か、変動負荷かの目安になるものである。

この負荷率の各産業別のものを通商産業関係法令で受電認可基準となっている値を表 3 (p. 18) に示す。紙パルプ産業の負荷率は、他産業に比較して高い方である。これは紙パルプ産業が連続操作を行っており、また負荷がリファイナ・ポンプなどで大幅な変動のないよう操作管理が行なわれているからである。これに対し、機械・食料品など昼間のみの操作のところ、また鉄鋼・国鉄・私鉄など主要負荷が圧延機・電車などの反復負荷の産業の負荷率は低くなっている。

3.4 モータ台数と容量

紙パルプ工場の負荷は前述のようにほとんどモータで、その特長は中小容量・多台数である。

用途としては、コンベヤ、リファイナ、ファン、抄紙機ドライブ、ポンプ等で、特にポンプは一連のフローの中での水の供給、使用、回収まで使用され大きな割合を示している。一例として約 2,400 T/D の工場で自家発電設備を除いておよそ 8,000 台のモータが使用されており、その設備内訳は表 4 (p. 18) のようになっている。

モータの種類では誘導電動機が非常に多く、また可

変速モータである直流電動機、電磁カップリング電動機がかなりあるのも特長である。一例として上記規模の設備におけるモータの種類別割合を表 5 (p. 18) に示す。モータの容量は中小容量機が多いが、最近ではリファイナ、ブロワ、抄紙機ドライブ等で比較的大容量のものが設置されるようになった。

3.5 電気器具数

紙パルプ工場で使用される電気器具数は多い。ここて言う電気器具とはプロセス設備で使用する操作器具、接触器、開閉器、保護リレー、制御リレー、検出器、制御パーツなどで、多い理由はモータ台数が多い、プロセスが要求する制御精度が高い、設備が自動化の方向で進んでいることなどである。

3.5.1 モータ台数との関係

普通一台のモータを運転するには、操作器具 (押釦等)、接触器 (マグネットスイッチ)、しゃ断器 (パワーヒューズ、配線用しゃ断器等)、保護リレー (過電流リレー等)、制御リレー等、一台当たりおよそ 15~20 個必要である。したがって、モータ台数に比例して器具も多くなり、モータ設備台数 8,000 台の工場では 120,000~160,000 個に達する。これに制御パーツを加えたものが工場の総電気器具数となる。

**は製紙用に変性した
コーンスターチです。**

用 途 ウェットエンド添加、表面サ
イジング、各種コーティング

種 類 # 3600
 # 3800

- 特 性**
- 製品の品質が均一
 - 使用法が簡単
 - 最低のコスト
 - 同一製品を用いて応用面が広い
 - 損紙の回収が容易

「日食MS #4600」
コーティングカラー用接着剤
「日食スプレット」
製紙用スプレースターチ

技術提携先
CPCインターナショナル社

日本食品化工株式会社

東京都千代田区丸の内 3-4-1 電話(212)2081(代)
(支店)名古屋・大阪 (工場)半田・富士
(研究所) 三島

※ ※ ※

発売元
三菱商事株式会社

3.5.2 自動化との関係

プロセスの省力化、品質管理など、自動化が進められ、その方法として電気的に行なうことが有利な場合が多く、器具数は増加している。その個数は省力化の度合、自動化のシステムにより大きなバラツキがあり一概に言えない。

自動化に使用する器具としては、リミットスイッチ、制御リレー等を主体としたいいわゆる有接点のものから、最近ではトランジスタ IC を主体とした無接点化の方向で進んでいる。

3.5.3 制御精度との関係

工場の生産設備機器は単機能能力の増大によるスケールメリットが追求され、それに伴い制御装置も高精度のものが要求されてきた。すなわち抄紙機では紙幅、抄速が大きくなり、340 in, 1,000m/min クラスのものが続々と運転され始め、制御方式としてはセクショナルドライブの速度制御が主体で、高精度が要求される。

これによって器具も昔の回転部分と接触部分を持つものから、静止器の半導体であるサイリスタ、IC などに変わり、その数も著しく増加した。一例として 340 in の抄紙設備だけの制御器具(半導体整流器、トランジスタ、抵抗器、コンデンサ、制御リレー、マイクロスイッチ等)は約 20,000 個設置されている。

このように、紙パルプ工場には多数の電気器具が設置されているが、器具数が多いと言うことは故障する確率が高いことを意味する。一般に部品には人間の死亡率、事故率と同じように、単位時間(回数、距離等)当りの故障数を表わす故障率がある。この故障率は部品個々に特有のもので、例えば故障率 0.5×10^{-6} /時間のトランジスタを 10,000 個使用した設備では 200 時間に 1 回、すなわち 8 日間に 1 回はトランジスタの故障が発生することになる。

したがって、信頼性の高い設備を作るには部品数を極力少なくすることと、故障率の低い部品を使用することである。また、部品個々の故障率は違うから、設備全体の信頼性を高めるには全体の信頼度を設定し、そのレベルに個々の部品の信頼性を合せることが必要で、1 個でも故障率の高いものが含まれると設備としての信頼性は大幅に低下する。

このようにして出来あがった設備でも故障は発生するから、故障時のダウンタイムを極力小さくすることが大切である。一般にダウンタイムのうち 80% は故障部分の判別に費されると言われるから、故障判別の容易な設備にすることと、保全員の技能向上に日頃より努力しなければならない。表 6 (p. 19) に部品の故障率の例を示した。(続く)