

建筑百科大事典

9

建築百科大事典 9

Encyclopedia of Architectural Science

せ〜たく

全17巻

昭和58年 初版発行

発行人 平野 陽三

発行所 株式会社 産業調査会

〒107 東京都港区赤坂1-1 大成ビル

電話 (03) 585-4541 (代表)

総発売元 丸善ブックメイツ株式会社

〒102 東京都千代田区麹町1-3-23

電話 (03) 263-6351 (代表)

印刷所 凸版印刷株式会社

落丁・乱丁はお取りかえいたします。

内部交流

F181/69 (日3-3/220-9)

建築百科全書 第9巻

B000280

せ

制御電源

監視制御装置の重要な役割に対応して、その電源供給システムに対しても高度の信頼性と安定性が要求される。そして、最近の監視制御装置のエレクトロニクス化にともなって、従来のように直流電源装置ばかりでなく安定した交流電源を必要とするものが多くなっている。何れの場合も、計算機制御装置、情報伝送装置などのシステム機器の有する機能の信頼性向上のために、キャビネット（架）に収納する単位ブロックごとに安定化電源ユニットを設け、当該機器の必要とする各種電源を回路に供給するよう配慮されていることが多いので、この場合には各安定化電源に入力電源（通常AC100VまたはDC100V）を供給することとなる。

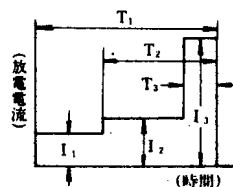
a. 直流制御電源

直流制御電源としては浮動充電式蓄電池が用いられる。蓄電池には次頁表のように鉛蓄電池とアルカリ蓄電池があり、下記を考慮して選定する。

① 負荷の特性に適していること。

② 据付条件、設置面積、保守性、寿命、信頼性などを総合して経済的であること。

蓄電池としては機器の制御・操作用と共用されることが多いが、その容量の算出は蓄電池協会規格SBA6001-1973「すえ置蓄電池の容量算出法」によるが、図に示す蓄電池負荷を例に蓄電池容量算出の一般式を示すと次のとおりである。

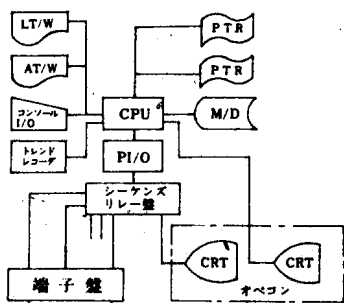


蓄電池負荷特性例

$$C = 1/L \times (K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) + K_3 (I_3 - I_2) + \dots + K_{n-1} (I_n - I_{n-1}) + K_n (I_n - I_{n-1}))$$

ただし、C:25℃における定格放電率換算容量(Ah)

L:保守率（使用年数の経過、使用条件の変動などによる容量変化補正値:0.8）



CPU: 中央演算処理装置 M/D: 磁気タイプ
PI/O: プロセス入出力装置 PT/R: 紙テープリーダー
LT/W: ロギングタイプライタ AT/W: アナログメントタイプライタ

(a)システムブロック図

機能	CPUダウン	オペコン操作不能	補助リレーダウン	CRTダウン	T/Wダウン
自動制御	不能 (バックアップなし)	正常	不能 (バックアップなし)	正常	正常
予知制御	可能 (オペコンおよび補助リレーによる)	可能 (補助リレー盤の操作パネルによる)	不能 (バックアップなし)	正常	正常
状態・故障の監視	可能 (グラフィックCRTおよびバックアップアナシミュレータによる)	状態監視: 可能 (グラフィックパネルおよびバックアップアナシミュレータによる) 故障監視: 正常	不能 (バックアップなし)	グラフィックCRTダウン時: 可能 (グラフィックパネルおよびバックアップアナシミュレータによる) キャラクターCRTダウン時: 正常	正常
計測	可能 (バックアップ用アナログメータによる)	不能 (バックアップなし)	正常 (ただし過電流入力用補助リレーダウン時は過電流入力のみ不能)	グラフィックCRTダウン時: 正常 キャラクターCRTダウン時: 可能 (バックアップ用アナログメータによる)	正常
記録	不能 (バックアップなし)	自動記録: 正常 付帯記録: 不能	正常	正常	全行(部)ダウン時: 不能 逐行ダウン時: 可能 バックアップ

(b)バックアップ機能表

計算機制御システムの構成とバックアップ機能例

蓄電池の種類

種 別		鉛 蓄 電 池		ア ル カ リ 蓄 電 池				
極 板 の 種 類		クラッド式	ペースト式	ポ ケ ッ ト 式			焼 結 式	
形 式		CS	HS	AM	AMH	AH	AH	AHH
用 途		一般的な 予え置用	高率放電用	緩放電用	高率放電用		高率放電用	超高率放電用
容 量 [Ah]	定格放電率	10HR	10HR	5 HR			5 HR	1 HR
	額 定	15~2000	30~2500	4~1000	8~700	20~80	10~800	10~600
電 圧 [V/セル]	公 称	2	2	1.2			1.2	
	浮 動	2.15	2.18	1.45		1.43	1.36	
	均 等	2.30	2.30	1.65	1.60	1.55	1.50	
主 構 成	電 槽	プラスチック	プラスチック	プラスチック			プラスチック	
	極板材質	主 に 鉛	主 に 鉛	ニッケル・カドミ			ニッケル・カドミ	
	電 解 液	希 硫 酸	希 硫 酸	水酸化カリ			水酸化カリ	
	電解液比重	1.215	1.240	1.200~1.220			1.200~1.220	
電池設置方式と その容量範囲	架 台	15~2000	30~2500	60~1000	50~700	40~80	100~800	80~600
	キャビネット	15~400	30~600	60~1000	50~700	40~80	100~800	80~600
	キュービクル	15~90	30~120	30~200	20~120	20~80	30~250	30~200
推 奨 負 荷 時 間		30 分 以 上	1 時 間 以 内	2 時 間 以 上	30分~2時間	30分~1時間	30 分 以 内	30 分 以 内
瞬 時 最 大 電 流		1.5C	3 C	2 C	5 C	7 C	7 C	12C

K:放電時間T, 電池の最低温度および
許容しうる最低電圧により決められ
る容量換算時間(時)

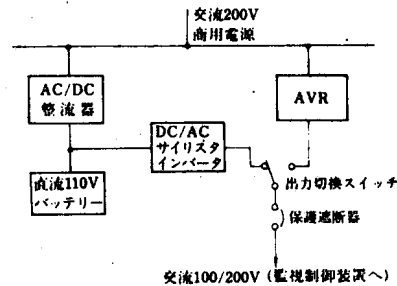
I:放電電流(A)

b. 交流制御電源

高信頼度交流電源としては右に示す交流無停電電源装置が用いられるが、装置の選定及び容量算定時には、下記事項について電源装置と負荷との間で協調がとれているかを確認しておくことが望ましい。

- ① 供給方式(単相2線式、三相3線式などの別)
- ② 定格電圧および電圧精度
- ③ 定格周波数および周波数精度
- ④ 波形歪率
- ⑤ 負荷変動およびそれに伴う電圧変動
- ⑥ 負荷力率
- ⑦ 予備系統との切換時間
- ⑧ 商用停電時の供給可能時間
- ⑨ 負荷平衡度(三相供給時の負荷平衡に対する配慮)

電源装置の容量計算は下記の各基準によって行い、その最大のものと決定する。



交流100/200V(監視制御装置へ)
(説明) 監視制御装置への電源供給は、常時は出力切換スイッチをインバータ側に倒し、DC/ACインバータの出力から供給することにより、商用電源が停電してもバッテリーにより一時的に供給が確保される。DC/ACインバータ停止時は、出力切換スイッチを商用側に切換えてAVRを介して商用電源から供給する。この場合のAVRは、商用電源の安定度と監視制御装置の電源に対する要求精度によっては省略することもある。

無停電電源方式例

(1) 定常負による算出

$$P_{N1} = K_1 I_{N1} V \times 1 / 1000 (kVA)$$

$$P \geq K_2 \sum_{i=1}^n P_{N1} (kVA)$$

ただし P_{N1} : 投入一段当りの負荷の定常電力(kVA)

K_1 : 単相供給時 1, 三相供給時 $\sqrt{3}$

I_{N1} : 負荷定常電流 (A)

V : 負荷設備の入力電圧 (V)

P : 電源装置の容量 (kVA)

K_2 : 余裕率 (一般には 1.0~1.2)

$$P \geq K_2 \sum_{i=1}^n P_{Ni} + P_{Pn} \text{ (kVA)}$$

ただし P_{Pn} : 最後に投入する負荷の突入電力 (kVA)

上式より明らかなように、突入電力の大きな負荷を順序投入の最後にもってくることが電源容量の点から望ましい。

(3) 負荷起動時の電圧変動による算出

$$P_{P1} = K_1 I_{P1} V \times 1000 \text{ (kVA)}$$

$$P \geq P_{P1} / L \text{ (kVA)}$$

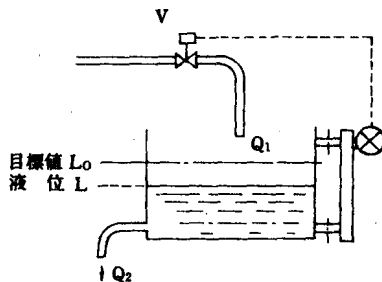
ただし P_{P1} : 投入一段当りの負荷の突入電力 (kVA)

L : 電圧変動が 10% 以内におさまる負荷急変許容係数 (一般に 0.2~0.5)

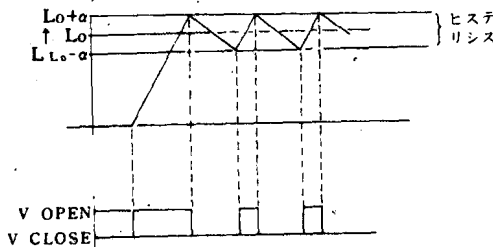
制御動作の種類

ON・OFF制御

制御量が、目標値より小さいか、大きいかわ、つま



1. ON・OFF制御システム図



2. ON・OFF制御によるVの動作および液位変化

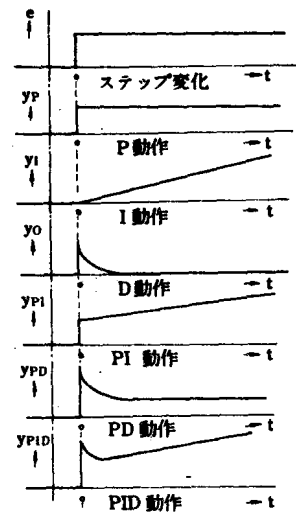
り偏差の極性にに応じて弁を全開または全閉、またポンプを運転、停止するような制御動作である。

貯水槽に水を貯えておく場合、目標値以下になれば、バルブ“V”をあげ、目標値になればバルブ“V”をしめるという制御動作を行う (1図参照)。

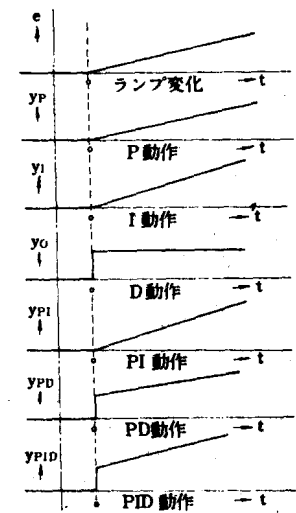
ON-OFF 制御においては、調節機構にヒステリシス、(2図)をもたせて、目標値 - α < 液位 < 目標値 + α の範囲に液位がある場合、この調節機構の不感帯といって、動作しない範囲としている。

システムとしての使い方

貯水槽などに水を貯えておく場合、目標値以下に



3. 各制御動作のステップ応答



4. 各制御動作のランプ応答

なれば、バルブ“V”を開け、目標値になればバルブ“V”を閉めて液位を一定値に保つために用いる。

ただし、ON・OFF 制御の場合、調節弁を操作部に用いると、調節弁は単なる全開、全閉を繰り返すだけの動作となるため、寿命が短くなるので使用することは望ましくない。

比例制御（P動作）

操作量が偏差に比例して、連続的に変化する制御方式である。

システムとしての使い方

平衡状態から急にタンクの排出弁を開くと液面が次第に減少してくる。液面の変化は、レベル検出器により検知し、調節弁を開き、タンクへの流入量が増し、減少した液面が回復してくる。この調節弁の操作量が偏差に比例しているので比例制御という。

比例動作で一般のプロセスを制御した場合、制御量は目標値とずれた所で落ち着いてしまう。このずれを定常値偏差という。比例動作では操作量を変化させるための偏差を必要とする。この必要な偏差をオフセットという。

積分制御（I動作）

操作量が、偏差の時間積分に比例する制御方式である。この動作は、偏差が存在する限り操作量は変化し続け、偏差がなくなったところで安定する。

積分制御は、オフセットを消すことができるので、比例制御に積分制御を加えて制御すると、比例制御の制御特性が改善される。ただし、積分制御は等価的に遅れであるので、系を振動させやすい。

システムとしての使い方

積分制御は、通常の場合、単独で 사용되는のではなく比例制御と組み合わせて使用される。

微分制御（D動作）

操作量が偏差の微分に比例する制御方式である。

外乱などにより生じた偏差は、できるだけすみやかに減少させる必要がある。比例制御、積分制御では、現在あるいは過去、偏差に関して操作量も決定するので、無駄時間要素、遅れ要素の大きなプロセスでは大きな過渡偏差が出たり、整定時間が長くなってしまう。そこで、等価的に進み要素である微

分動作によって、プロセスの遅れを打消し応答を早める効果がある。

システムとしての使い方

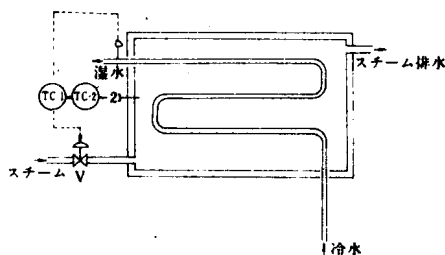
微分制御は、単独で 사용되는のではなく、“比例制御+微分制御”、“比例制御+積分制御+微分制御”のように組み合わせて使用される。

カスケード制御

調節計の目標値が、他の調節計の出力によって支配される制御方式をカスケード制御という。

システムとしての使い方

図のように、スチームを吹き込んで加熱するような熱交換器の温度制御をする場合、単一ループでは温水の温度を測定して、調節計より調節弁を操作して、温度制御をする。この場合のように、温度制御などでは遅れ時間が大きく、プロセスの良好な制御結果を期待できない。そこで、温度調節No.1の出力信号によって、温度調節器No.2の目標値を設定すると、スチームの流量変化は温度調節器No.2のループで検出制御されるため、温度調節器No.1のループ、熱交換器内部温度に変化を与えないうちに修正動作が行われる。このように調節器の目標値が、他の調節器の出力によって支配される制御方式をカスケード制御といい、この制御は、外乱の入る位置やプロセスの性質によって単一ループに比べて良好な結果が得られる場合が多い。



5. カスケード制御

制御方式

a. 制御方式の種類

(1) 手動操作

排煙口の手動開放装置に見られる、人力→機械的機構→動作のような制御方式をいう。また手元動力制御盤の手動スイッチによって電氣的に動作させる

方法も含まれる。

(2) 連動制御

煙感知器と制御装置からなり、煙感知器の信号によって自動的に制御装置が働いて、排煙口を開放したり、可動式防煙たれ壁を作動させる方式。また他の排煙設備機器からの連動も含まれる。

(3) 遠隔制御

排煙設備または装置を離れた場所で電気または空気圧などによって制御する方法をいう。なおこの場合は、作動確認と誤操作防止から制御を行う場所での監視が必要となる。

b. 排煙関連機器の制御方式（表参照）

(1) 排煙口

建築基準法施行令によって排煙口には必ず手動開放装置を必要とする。煙感知器との連動制御（自動）は法的には設置してもよいが、排煙口が次々に開いて、全体としての排煙機能を失うおそれもあるので適切な判断が必要である。また遠隔制御は、中央管理室のある場合には必ず必要となる。

(2) 排煙機

排煙機は、一つの排煙口の開放に伴い自動的に作動（連動制御）しなければならない。ただし、特別避難階段の附室および非常用エレベーターの昇降ロビーの排煙では、排煙口、給気口両方の開放によって作動しなくてはならない。また中央管理室のある建物では遠隔制御も必要となる。

排煙設備および関連設備の制御と監視

設備項目			中央管理室の有無 内容 排煙方式		中央管理室 のある場合		中央管理室 のない場合		備 考	
					自然 排煙	機械 排煙	自然 排煙	機械 排煙		
排煙設備	排煙口	遠隔	制 御 監 視	○ ※1	○		▲	※1 常時容易に直接手で開放できる窓の場合は不要		
		連動	煙感知器連動	▲	▲	▲	▲			
	排煙機	遠隔	制 御 監 視	/	○	/	▲			
		連動	排煙口と連動	/	○	/	○			
	可動式 防煙たれ壁	遠隔	制 御 監 視	○	○	▲	▲	※2 排煙口連動とした場合は遠隔制御と遠隔監視を省略することができる。 遠隔制御と遠隔監視を行った場合は排煙口連動は行わなくてもよい。		
		連動	煙感知器連動	○	○	○	○			
関連設備	機械換気設備	遠隔	制 御 監 視	○	○			※3 「遠隔制御及び遠隔監視」と「排煙設備と連動」はどちらか一方を行えばよい。		
		連動	排煙設備と連動	▲ ※3	△ ※3	▲	△			
	中央管理方式の 空調和設備	遠隔	制 御 監 視	○	○			※4 「遠隔制御及び遠隔監視」と「排煙設備と連動」はどちらか一方を行えばよい。		
		連動	排煙設備と連動	▲ ※4	△ ※4	▲	△			
	防煙上特に重要な部分の 防火ダンバ	遠隔	制 御 監 視		△			建設省告示第2565号・四の(一)に該当するものに適用		
		連動	煙感知器連動		○		○			
避難上特に重要な部分の 防火戸 防火シャッター	遠隔	制 御 監 視		△			建築基準法施行令第112条の14の四に該当するものに適用			
	連動	煙感知器連動		○		○				

〔凡例〕 ○：必ず設備する必要のあるもの

△：自主的に設備することが望ましいもの

▲：防煙上必要なものに限り設備することを検討する必要があると思われるもの

(3) 可動式防煙たれ壁

手動制御、連動制御は、自然排煙および機械排煙または中央管理室の有無に関係なく設けなくてはならない。煙感知器との連動制御の場合、煙感知器の詳細設置基準を満足すれば自動火災報知設備の煙感知器との兼用も許されている。また中央管理室のある建築物では遠隔制御も必要となる。

(4) 防火戸、防火シャッターおよび防火ダンパ

すべて連動制御（煙感知器よりの自動）を必要とする。ただし、たれ壁と同様に自動火災報知設備の煙感知器との兼用は認められている。また表にあるように防煙上必要なものは、中央管理室での遠隔制御装置も設置することが望ましい。

(5) 機械換気および空気調和設備

排煙設備が起動した場合、換気、空調設備を停止する必要がある。排煙起動時にビルの管理者などがすばやくこれらの設備を停止できる体制にあれば連動とする必要はないが、一般には無理なことが多く、連動（自動）制御とすべきである。

【参考文献】

- 1) 建築防災計画指針
- 2) 排煙設備技術基準
- 3) 新訂 排煙設備技術基準新日本法規出版 昭53
- 4) 防排煙設備の実務 オーム社 昭52

静止型無停電電源装置の構成

静止型無停電電源装置は、静止型CVCF 蓄電池および充電器などにより構成されるが、実際には、負荷容量、用途などによりいくつかの方式に分類される。

(1)蓄電池接続方式

- ①浮動充電方式 ②直流スイッチ方式

(2)インバータ回路方式

- ①多重インバータ方式 ②チョップ、インバータ方式 ③PWMインバータ方式

(3)電源システム構成

- ①商用瞬断切替方式 ②商用無瞬断切替方式 ③並列冗長方式

以下に上記分類に従い、各方式の内容、特長などにつき述べる。

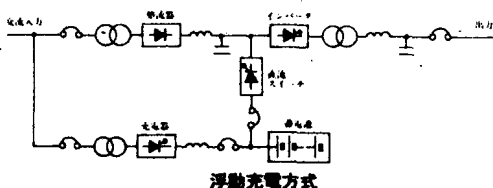
a. 蓄電池接続方式

蓄電池を充電する方式あるいは停電時に蓄電池をインバータ回路に接続する方式には、次の2つの方

式がある。

(1) 浮動充電方式（充電器共通方式）

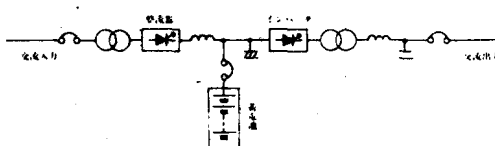
図に浮動充電方式の回路図を示す。本方式は一般的に中小容量装置に使用されることが多い。本方式の特長は、入力側整流器がインバータに直流電力を供給すると共に、蓄電池を充電する充電器の働きも行う点にある。交流入力停電時には、蓄電池はそのままインバータに電力を供給するため、出力電圧の過渡的な変動は少ない。本方式の欠点は、整流器がサイリスタとなり位相制御を行うため、入力力率が低く、(0.7~0.75)、そのため入力容量が大きくなることである。



浮動充電方式

(2) 直流スイッチ方式（充電器分離方式）

図に直流スイッチ方式の回路図を示す。本方式は一般的には、中大容量装置に使用されることが多い。本方式では蓄電池は専用の充電器により充電され、インバータは整流器より給電される。交流入力停電時には、直ちに直流スイッチを導通させ、蓄電池より電力を供給する。本方式は浮動充電方式に比べ、停電検出回路、直流スイッチなど回路がやや複雑になるが、装置全体から見れば信頼性はほとんど変わらない。また、整流器の入力力率が高い（0.95程度）ことにより入力容量が少なくてすむこと、あるいは、蓄電池1組で複雑のCVCFに給電できることなどにより、大容量装置の並列運転方式では必ず本方式が採用されている。



直流スイッチ方式

b. インバータ回路方式

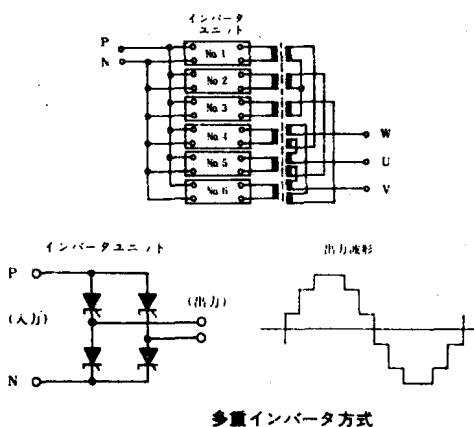
インバータ回路は、静止型CVCFの特性、信頼性などを決定する最も重要な部分である。静止型CVCF用のインバータ回路に要求される特性は、

- ① 出力電圧波形中に低次高調波成分を含まないこと。
 - ② 電圧制御の応答性の良いこと。
 - ③ 部品点数が少なく、信頼性が高いこと。
- などである。

(1) 多重インバータ方式

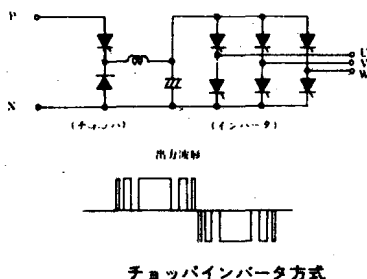
本方式は、中大容量CVCFで最も多く採用されている方式で、三相出力の場合、6台のユニットインバータの出力をトランスを介し多重化する。

特性的には、優れた方式であるが、回路が複雑で、部品点数の多いことが欠点である。図に回路図および出力電圧波形を示す。



(2) チョップパインバータ方式

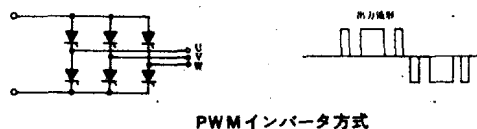
電圧制御をチョップで行うことにより制御の単純化を図ったもので、多重インバータ方式に比較し、部品点数は半減する。欠点はチョップを使用するため、応答速度、効率が下ることである。図に本方式の回路図、出力電圧波形の一例を示す。



(3) PWM方式 (pulse width modulation)

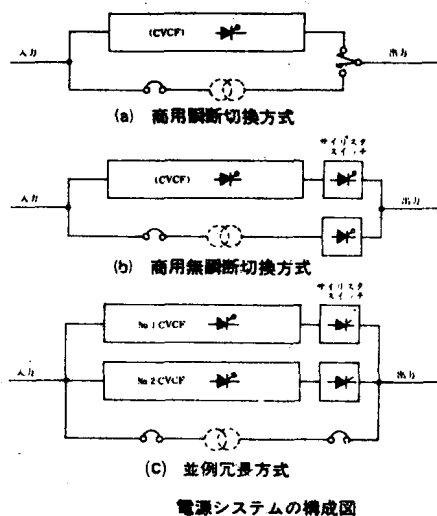
上記2方式の欠点を改良すべく開発された方式で

主回路的には最も簡単な方式である。制御部品の進歩、あるいは主回路素子としてパワートランジスタ、GTOなどを使用することにより、今後、最も採用されると思われる方式である。図に本方式の回路図および電圧波形の一例を示す。



c. 電源システム構成

無停電電源システムの給電信頼性を高めるため、並列冗長方式をはじめとする種々の方式が実用化されている。図に代表的な方式の構成例を示す。



(1) 商用瞬断切換方式

本方式は常時1台のCVCFにより負荷に給電しCVCF故障時には出力側マグネットスイッチを自動的にバイパス側に切り替えることにより給電を継続する方式である。本方式は、良質なバイパス電源が得られ、故障切り替え時の瞬断(0.2~0.5秒程度)が負荷の運用上許容できる場合には、最も簡単で信頼性の高い方式である。

(2) 商用無瞬断切り替え方式

本方式は、CVCF故障時の切り替えを無瞬断で行うもので、切替器にはサイリスタスイッチを用いる。また、切り替え時のCVCF側とバイパス側の電圧位相を合わせるため、CVCFは常時バイパス電源に

同期して運転する。本方式は信頼性の高い良質のバイパス電源が得られる場合には、次の並列冗長方式と同等の特性、信頼性が実現できるため、近年盛んに採用されている方式である。

(3) 並列冗長方式

大容量電子計算機システムの電源として最も多く採用されている方式である。複数台のCVCFを常時並列運転し、1台のCVCF故障時には故障CVCFを切り離し、残りのCVCFで負荷給電を継続する。本方式は最も信頼性の高い方式であり、また、CVCF装置を1台ずつ追加することにより電源容量を増すことが可能なため、電子計算機の増設などに対応しやすい方式である。

静止型無停電電源装置の設備計画

設備計画に当たって注意すべき事項、各機器定格、仕様などの決定方法につき述べる。

a. 静止型CVCF装置の標準仕様

表に静止型CVCF装置の標準仕様例を示す。標準仕様は一般に、設置環境、入力条件、出力条件など

CVCF装置の標準仕様例

項 目		標準仕様		
設置環境		屋内、1000m以下、0～40℃、85%以下		
交流入力	相数	三相3線式		
	定格電圧	200、220、400、440、3k、6k		
	定格周波数	50または60Hz		
	電圧変動範囲	定格電圧±10%		
	周波数変動範囲	定格周波数±5%		
直流入力	定格電圧	110V	220V	440V
	電圧変動範囲	85～125V	180～250V	360～500V
	電流	52～55セル	106～110セル	212～220セル
	電圧	80～86セル	172～180セル	344～360セル
交流出力	定格出力容量	3KVA～20KVA	30KVA～250KVA	100KVA～500KVA
	電気方式	単相	単相・三相	三相
	定格電圧	100V、200V、208V、220V		
	電圧調整範囲	定格電圧±5%		
	定格周波数	50Hz、60Hz、415Hz		
	定格力率	遅れ0.9または0.85		
	定格の種類	100%連続		
	電圧調整・定常	定格電圧±2%		
	過電圧変動	定格電圧±10% ±8% (1) 50%負荷急変時 (2) 交流入力±10%急変時 (3) 停電・復電時		
	電圧不平衡率	3%以内 不平衡負荷30%にて		
	周波数精度	定格周波数±0.5% ±0.01%		
	波形ひずみ率	5%以下 直線性負荷にて		

につき規定してある。本装置は一般に受注製作を行っており、標準仕様以外の装置も製作は可能であるが、信頼性、価格などからみて標準仕様品が有利である事はいうまでもない。

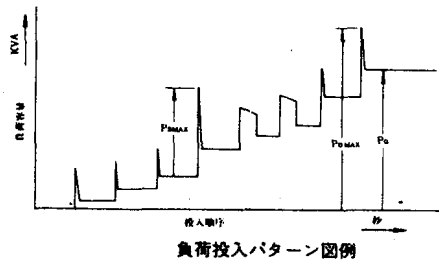
ただし、標準仕様は一般のビル、工場などに設置する電子計算機、通信機、計装機器などを対象に決定しているため、これ以外の用途に使用する場合は負荷機器の特性、仕様などにつき十分調査する必要がある。

b. CVCF容量の決定

容量決定に当たっては、各負荷機器の所要電源容量投入順序などを調査決定する必要があるが、この場合、将来の設備拡大、電子計算機の機種変更などについても当初から考慮することが大切である。

容量の決定は次の順序で行う。

- ① 各負荷機器の定常容量および投入時の過渡容量を調査する。
- ② 運用状態を考慮し、各機器の投入、動作順序を決定し、負荷投入パターン図を作成する。図にその1例を示す。



- ③ 次の条件に従いCVCF容量を決定する。CVCF容量をP(KVA)とすると、

・ CVCF容量は定常負荷容量以上であること、

$$P \geq P_o$$

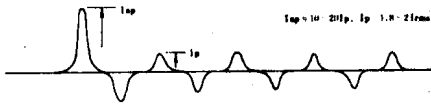
・ 負荷投入時のCVCF出力電圧変動が許容量以内であること、CVCFの特性が表によるものとし、負荷の電圧変動許容値を±10%以内とすると投入可能容量はCVCF容量の50%以下となる(左表参照)。

$$0.5 \times P \geq P_o \cdot \text{MAX}$$

・ 負荷投入時も含めた最大負荷容量(Po・MAX)が、装置許容値以内であること。

容量決定において注意すべきことは、次のとおりである。

- ① 一般に電源投入時の過渡容量は定常容量に比べ非常に大きい。したがって過渡容量が不明の場合は定常容量の20倍程度は考慮する必要がある。
- ② 特に過渡容量の大きな負荷に対しては、限流装置を付けるなどの考慮が必要である。
- ③ 通信機のように、負荷の殆んどが整流器負荷の場合、負荷電流中には高調波分が多く、電流波高値が一般の負荷に比べ高くなる。そのため装置容量に10～20%程度の余裕をもつ必要がある。整流器負荷の電流波形の一例を図に示す。



整流器負荷の電流波形例

c. 入力電源に対する留意点

(1) 商用入力電源

CVCFの入力電源を、信頼性の高い給電方式とするため、次のような考慮をすることが望ましい。

- ① CVCF入力電源とバイパス側入力、別の系統より配電する。
- ② バイパス電源はできるだけ良質の電源とする。動力負荷など同一系統とすることはさける。
- ③ 並列冗長方式の各CVCF入力は高圧側から分離する。

(2) 非常用発電機

商用入力の高時間停電に備えるため、非常用発電機を設置する場合、CVCF入力電流中の高調波電流による発電機の過熱などにつき注意する必要がある。

整流回路より発生する高調波電流は整流器相数により異なるが、一般の6相整流方式の場合、発電機容量はCVCF入力容量の3倍以上とする必要がある。(凸極型ディーゼル発電機の場合)。

d. 蓄電池の選定

(1) 蓄電池の種類

蓄電池には鉛蓄電池とアルカリ蓄電池があり、CVCF用としては一般に急放電型(鉛:HS型、アルカリ:AHH型)が使用されることが多い。AHH型はHS型に比較し、寿命が長い(AHH型10年～15年、HS型5年～7年)が価格的には、2～3倍となる。

(2) 容量の選定

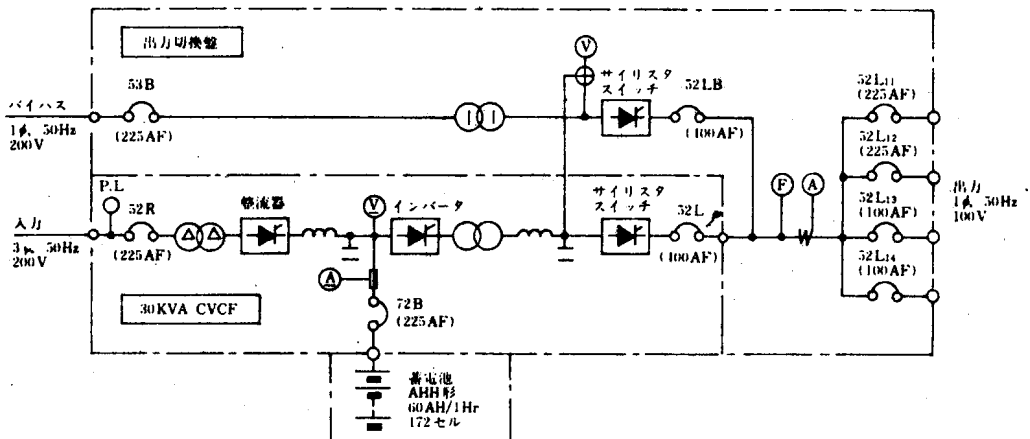
蓄電池容量を選定するためには、停電保証時間および基準電池温度を決定する必要がある。

(i) 停電保証時間

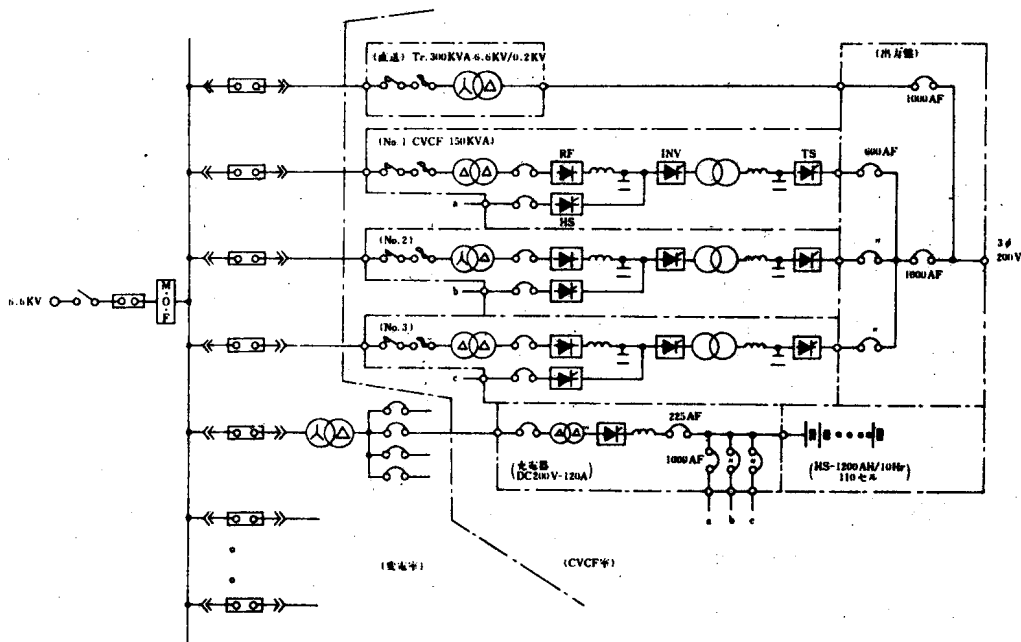
交流入力停電時のCVCF運転継続時間で、負荷の重要度、非常用発電機の有無などにより決定するが、一般には発電機のある場合は5分、無い場合は10～30分とすることが多い。

(ii) 基準電池温度(周囲温度)

蓄電池は一般に温度が低下すると実容量が減少する性質をもっている。基準電池温度は国内一般では5℃とすることが多いが、寒冷地は-5℃、ビル内



I. 30 KVA CVCF単線結線図



2. 150 KVA CVCFX-3 半線結線圖

で空調設備のある場合は25℃とすることもある。

(iii) 容量計算法

容量計算法は「SBA6001」（日本蓄電池工業会規格）で標準化されている。一般には定電流放電として扱い、計算式は、

$$C = (1/L) KI \quad (C: \text{定格容量}, L: \text{保守率}$$

$$K: \text{容量換算時間}, I: \text{放電電流})$$

$$I = P \cdot Pf / \eta \cdot V_d \quad (P: \text{CVCF 出力 KVA}, pf: \text{出力率 } \eta: \text{CVCF 効率 (DC} \rightarrow \text{AC)}, V_d: \text{放電終止電圧})$$

となる.

e. 設置場所、環境に対する留意点

CVCF装置の設置に当たっては下記の点に注意する必要がある。

(1) CVCF室の換気、空調

CVCF装置の周囲温度は、一般の電気機器と同様40℃以下となっているが、CVCF自身から発熱するため、十分換気を行う必要がある。

また、本装置は半導体部品で構成されているため信頼性的には、空調設備を設け周囲温度30℃以下で使用することが望ましい。

(2) 蓄電池室

蓄電池を架台に搭載する場合には、蓄電池専用室

を設ける必要がある。蓄電池をキュービクルに収納する場合には、蓄電池室の必要はない。

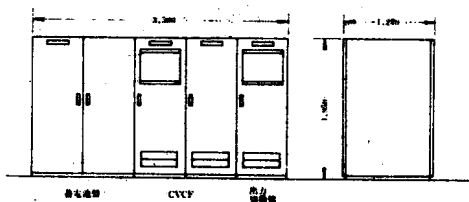
(3) 出力側の配線について

CVCF出力電圧は100Vまたは200V級であるため、負荷機器までの配線による電圧降下には、十分注意する必要がある。特に400Hz電源の場合、電圧降下は50/60Hzの数倍になるため、配線延長が20～30m以上の場合には3相同軸ケーブルなどを使用し、電圧降下を少なくする必要がある。

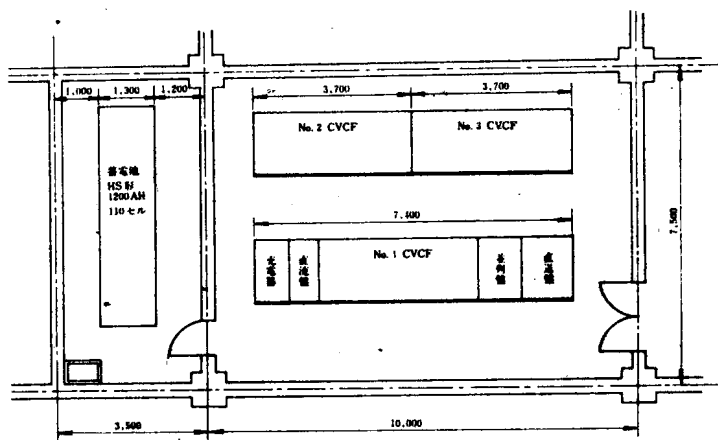
f. CVCFF 設備例

1, 4 図に実際の設備例を示す。1, 3 図は、商用無瞬断切り替え方式による30KVACVF設備の単結線図および殻外形図である。

2, 4 図は150KVACVCF 3 台による並列冗長方式の単線結線図, 配置図である.



8. 30 KVA CVCFF外形图



4. 150KVA CVCFX3 配置図

制振材料

制振材料の開発は、米国では軍関係の必要性——特に船舶——から進められたようであり、ヨーロッパでは自動車産業の発展に伴って開発が進められたようである。一方わが国で、制振材料の開発が活発化してきたのは、ここ10年くらい前からと思われ、その方向も種々である。

制振材の使用例をいくつかあげると、

- ① 自動車の床、ドア裏、ボンネットなどにシート状のもの、または防錆や断熱を兼ねた吹付け状のもの。
- ② 船舶や橋梁などの厚鋼製構造体の振動による騒音防止のためシート状、タイル状の材料。
- ③ 航空機の機体振動による騒音防止のためのシート状材料。
- ④ ホッパー、シュート、ダクトなど工場設備の振動で音を発生している部位に貼るシート状、タイル状材料。
- ⑤ 家庭電化製品、事務器、電算機などの電気製品の騒音防止のためのシート材料。

この他にも制振されれば、騒音が減少すると思われる物も多くあり、それらに対する研究も進んでいるようである。

制振材料

機械騒音の多くは固体振動が直接空気を加振したり、他の固体へ伝達し、空気を加振して発生するなど、固体が振動して音となる場合が多い。

一般に固体音に対する対策として行なわれる方法

には次の二つの方法がある。

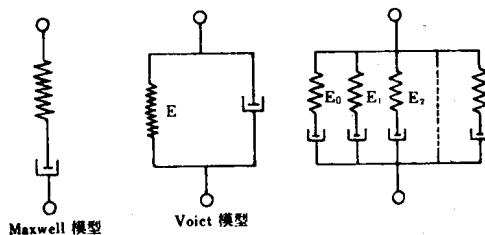
- ① 機械で発生する起振力が他の固体へ伝達するのを減少させるため、防振ゴムやバネなどを挿入する振動遮断の方法
- ② 振動を減少させるため、制振材料を振動面に貼る。粒状体などの摩擦を利用する。板やビームを重ねて摩擦を利用するなどの振動エネルギーを熱エネルギーに変換して制振する方法

このうち、①は一般には振動遮断に対し②を振動制御または制振と称し使用される材料を総称して制振材料もしくはダンピング材料と呼んでいる。

制振材料は②でも述べたように、ゴム、プラスチックの動的な粘弾性の特性を利用して、振動エネルギーを熱エネルギーに変換し、振動を制御する材料である。

制振機構

制振材料が振動エネルギーを熱エネルギーに変換する作用機構は、物質固有の粘弾性の粘性成分に基づくもので、粘弾性とは物質が変形に対し示す応答



1. Maxwell = Foigt Model

であって、物質の粘弾性の基礎概念は Maxwell と Voigt によって示される 1 図のモデルがあり実際の物質はスプリングとダッシュポットが複雑に配列しておく 1 図が多数組合わさった型となっている。

今、制振材料に $S^* = S_0 e^{i(\omega t + \phi)}$ の歪みがあるとき、 $F^* = F_0 e^{i(\omega t + \phi + \delta)}$ の応力が生じていると、制振材料の複素弾性率 G^* は、

$$G^* = \frac{F^*}{S^*} = G' + iG'' \quad (1)$$

で定義される。実数値 G' は弾性を示し、保存弾性率と呼ばれ、虚数項 G'' は粘性項 η' と、

$$G'' = w\eta' \quad (2)$$

の関係にあり、損失弾性率と呼ばれる。偏角 δ の正接は

$$\tan \delta = G''/G' \quad (3)$$

損失係数または Loss Factor と呼ばれ η と表示されることもある。

エネルギー損失については、制振材料に振動的な外力を加えると弾性成分に外力が与えた力学的エネルギーは外界に返り、粘性成分に与えた力学的エネルギーは返らず熱エネルギーに変換され、制振材料は発熱する。

弾性成分に 1 周期に入りまた出て行くエネルギーの絶対量 W_0 は、

$$W_0 = S^* \times G' \quad (4)$$

で表され、粘性成分に入り熱エネルギーに変換されるエネルギー $W\eta$ は、

$$W\eta = \pi S^* \times G'' = \pi S^* w\eta' \quad (5)$$

で表され、 G'' が大きい制振材料に歪みを大きく与えるような構造で適用することにより、振動エネルギーを効果的に熱に変換して振動を制御することが可能である。

したがって、単位時間当りの発熱量 H は、

$$H = w\eta \times f = 1/2 w S^* G'' = 1/2 w S^* \eta' \quad (6)$$

に表される。また、制振材料が粘性成分で消費したエネルギーと弾性成分に入り、さらに出て行くエネルギーの絶対量の比は、

$$W\eta/W_0 = \pi G''/G' = \pi \tan \delta \quad (7)$$

となり、 $\tan \delta$ もエネルギー消費効率の尺度となる。

制振性能

制振性能の度合を示す量には種々あって、電気、

機械物理などの専門分野によって使用される量が異なるが、各量の間には簡単な関係が存在する。ここでは振動系を質量 m 、バネ k 、粘性係数 c なる 1 自由度系の共振系で示される場合についての関係を示す。

2. 制振性能の相互関係

	ξ	η	K	Δ	D	Δf	Q
ξ		2ξ $\eta < 1$	$w_0 \xi$	$2\pi\xi$ $\phi < \pi$	$\alpha w_0 \xi$	$w_0 \xi$	$1/2\xi$
η	$\eta/2$ $\eta < 1$		$w_0 \eta/2$ $\eta < 1$	$\pi\eta$ $\eta < 1$	$\alpha w_0 \eta/2$ $\eta > 1$	$w_0 \eta/2\pi$ $\eta < 1$	$1/\eta$ $\eta < 1$
K	K/w_0	$2K/w_0$ $K < w_0$		$2\pi K/w_0$	αK	K/π	$w_0/2K$ $K < w_0$
Δ	$\Delta/2\pi$ $\Delta < 2\pi$	Δ/π $\Delta < 2\pi$	$w_0 \Delta/2\pi$		$\alpha w_0 \Delta/2\pi$	$w_0 \Delta/2\pi$	$\pi/(\Delta - \Delta^2)$ $\Delta < 1$
D	$D/\alpha w_0$	$2D/\alpha w_0$ $D < \alpha w_0$	D/α	$2\pi D/\alpha w_0$		$D/\alpha\pi$	$\alpha w_0/2D$ $D < \alpha w_0$
Δf	$\pi \Delta f/w$ $\Delta f < w_0 \pi$	$2\pi \Delta f/w$ $\Delta f < w_0 \pi$	$\pi \Delta f$	$2\pi \Delta f/w_0$	$\alpha \pi \Delta f$		$w_0/2\pi \Delta f$ $\Delta f < w_0/\pi$
Q	$1/2Q$ $2Q > 1$	$1/Q$ $2Q > 1$	$w_0/2Q$ $2Q > 1$	π/Q $2Q > 1$	$\alpha w_0/2Q$ $2Q > 1$	$w_0/2\pi Q$ $2Q > 1$	

(注) $\alpha = 20 \log_{10} e = 8.68$ $w^2 = w^2 - K^2$
[資料出所] 財田「音響入門」

一般に用いられる減衰量を示す表示には次のようなものがあり、これらの間には 2 表の様な相互関係が成立する。

C/C^c : 減比、粘性係数 c と臨界粘性減衰常数 $= 2\sqrt{km}$ との比。

η : 損失係数、バネと粘性抵抗を含めて弾性項を $k(1+i\eta)$ と複素表示した場合の損失を示す。ヨーロッパでは d と表示することが多い。

K : 減衰常数、振動減衰の $X^0 e^{-Kt}$ の K 。

Δ : 対数減衰率、振幅が減衰する場合、隣り合う振幅の比の自然対数。

D : 減衰度、減衰振動で 1 秒当りの減衰量を d B 表示したもの。残響時間 (60dB 減衰の時間) $T = 60/D$ で示される。

Δf : 半値巾、共振付近で周波数を変化して描かれる共振曲線最大値の $1/\sqrt{2}$ を示す周波数の幅。

Q : キュー、振動系が共振する場合、その共振の鋭さを表す量で、振動系のエネルギーと、その振動を持続するため外部から与えられる 1 サイクル当りのエネルギーの 2π 倍、 $1/Q$ はこの系の減衰の大きさを示す。

ϕ : 固有減衰容量、振動系で失われる 1 サイクル当りのエネルギーと、系に蓄えられるエ

エネルギーとの比。

制振性能の測定方法

制振材料の測定方法には、制振材料単体で測定する方法と制振処理した板の制能を測定する方法がある。

単一材料の測定方法には強制振動法があり、共通の方法として大別して、定常振動を与えて試料を共振させ共振曲線を作って、その幅から求める方法と、定常励振時に励振を止めたり、衝撃を与えた後の振動減衰の状態を観測する方法がある。一般に用いられる方法としては次のような方法がある。

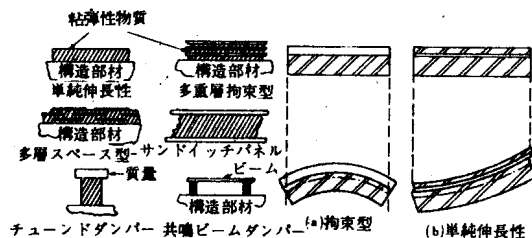
- ① 粘弾性スペクトロメーター（材料単体）
- ② 片持梁法（B & K社：複素弾性係数測定装置）
- ③ 二本吊法
- ④ 円盤法（打撃法、MIL 規格）
- ⑤ ガイガー法（ASE 規格）
- ⑥ インピーダンスヘッド法
- ⑦ 梁の固定点駆動法

これらの方法については、わが国では規格化されておらず、われわれも測定値間の一致性などについて検討している。

適用構造による制振機構

制振材料を有効に適用し振動体を制振するためには、振動体からの振動エネルギーを有効に制振材料に大きな歪みを与えるような構造で適用する必要がある。

制振材料を適用する構造には機構上大別すると、基板の上に制振材料がある2重層構造のもので、制振材料に伸縮変形を生じて減衰効果を作用するエクステンショナルタイプと、2枚の板の間に制振材料のあるサンドイッチ構造のもので、制振材料に伸縮変形の他に剪断変形を生じてその両者の複合で減衰効果を作用するコンストレイントタイプに分けられ



3. 制 振 材

る。4(a)に制振材料の構成、および(b)に制限機構の概念図を示す。

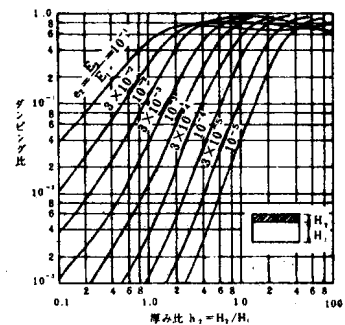
エクステンショナルタイプ（制振機構）

このタイプの制振機構は、制振材料の片面がフリーで曲げ振動だけが起る現象であり、O Berst により解析はなされている。いま、基板と制振材料のヤング率をそれぞれ E_1 , E_2 , 厚みを H_1 , H_2 とし、制振材料とこの複合系の損失係数をそれぞれ η , η , 基板と複合系の曲げ剛性を B_1 , B とすると、

$$B = \frac{1 + 2a(\xi + 3\xi^2 + 2\xi^3) + a^2\xi^4}{1 + a\xi} \times B_1 \dots\dots\dots (8)$$

$$\eta = \frac{a\xi(3 + 6\xi + 4\xi^2 + 2a\xi^2 + a^2\xi^4)}{(1 + a\xi)(1 + 2a(2\xi + 3\xi^2 + 2\xi^3) + a^2\xi^4)} \eta_1 \dots\dots\dots (9)$$

ここで $a = E_2/E_1$, $\xi = H_2/H_1$ である。横軸に厚み比 ξ , 縦軸に η/η_1 をとりヤング率比 a をパラメーターにして図示すると図のようになる。



4.

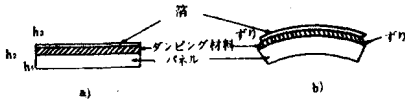
この図から次のことがわかる。

- ① η_2 の大きな材料でなければ η の値も大きいものは得られない。
- ② ヤング率比の大きな材料程、厚み比が小さくても、制振効果は大きい。
- ③ E_2 および η_2 の大きい材料即ち $E_2' \times \eta_2 = E_2''$ であるから、制振材料の損失弾性率の大きい材料を使用すれば効果がある。
- ④ 厚みのある程度増加しても η の値は飽和する。

コンストレイントタイプ（制振機構）

このタイプの制振機構は制振材料の上に拘束板などを貼った構造で、制振材料は剪断変形に伸縮変形が重なるのでエクステンショナルタイプよりはるか

せい



に複雑である。

一般的な構造として拘束板が薄い金属材料などの場合、図に示す構造とすると、いくつかの仮定のもとに複合系の損失係数は、

$$\eta = \frac{12 \frac{E_2 h_2}{E_1 h_1} \left(\frac{h_{31}}{h_1} \right)^2 g}{1 + 2g + (1 + \eta_2) g^2} \times \eta_2 \quad \dots\dots (10)$$

で表される。ここに $h_{31} = h_2 + (h_2 + h_3) / 2$ 、また、 g はシェアーパラメーターと呼ばれ、

$$g = \frac{f_s}{f} \quad f_s = \frac{G_2 h_1}{4 \pi E_2 h_2 h_3 f} \sqrt{\frac{E_1}{3 \rho_1}} \quad \dots\dots (11)$$

で表される。ただし、

f : 周波数、 η_2 : 制振材料の損失係数

G_2 : 制振材料の動的剪断弾性率

ρ_1 : パネルの密度

よって、この系での η を高めるためには、 g の値によって η にピークが存在し、 η がピークとなるように G_2 を選ぶ必要がある。また η_2 が大きくなければならない。したがって、拘束板の厚さ、形状、種類および制振材料の厚さなどにより g の値をコントロールすれば、 η_2 の大きい材料でよいことになる。

制振材料の種類

シート状制振材

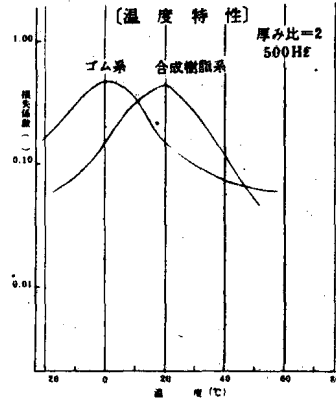
現行市販されているシート状制振材は厚さ0.5~5mm程度であり、定尺寸法はメーカーによって種々である。

組成的にはアスファルト系、再生ゴム系、ゴム系、熱可塑性プラスチック系、またはそれぞれの複合系、さらに最近では一部熱硬化型のものもある。

使用温度的にみるとほとんどが常温もしくは常温以下に $\eta_{\max. (temp)}$ のものが多い。シート状で高温用のものは、常温時での可燃性の面の施工性に難点があり、満足すべきものはないようである。

5図に一般的なシート状制振材の性能を示す用途的には一般に薄板用であり、厚み比の関係からしても構造部材の厚みが0.5~3tくらいのものが多い。

対象として現在使用されている分野は、自動車、家電、電算機、機械カバーなどがある。施工方法は接着剤で貼るタイプと、感圧接着剤付きの2つのタ

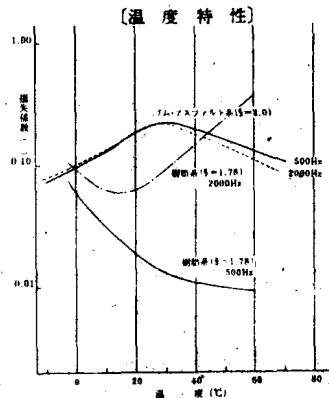


5. シート状制振材

イプがある。

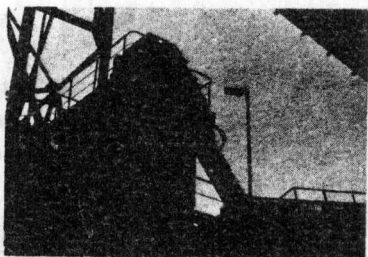
タイル状制振材

このタイプは特に厚板構造物の制振に対して適用されており、形状的にも大きさとして18~30cm、厚みとして15~40mm程度のものが市販されているが、メーカーは少ない。組成的には、特殊ゴムアスファルト系、ゴム系などがあり、特殊用途として樹脂系の MIL 規格品もある。可撓性のあるものも一部はあるが、ほとんどは可撓性がない。タイル状制振材の制振性能を6図に示す。



6. タイル状制振材

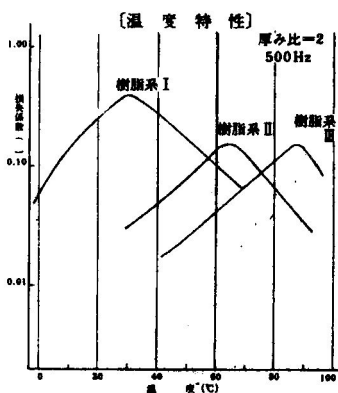
施工方法としては樹脂系の接着剤で貼る方法と、スタットボルトを併用する方法がとられている。用途的には10t程度の厚板構造物に使用されており、鉄橋、シュート、ホッパー、船舶などに使用されて



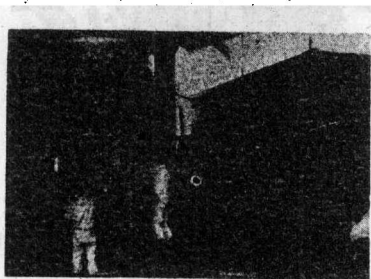
いるようである(写真(上)参照)。

塗型制振剤

このタイプは、対象が曲面などの複雑な形状を呈している個所に適用するのに有効であり、そのケースも多い。厚みも構造物の厚みに対応して任意に施工できる利点がある。組成的には、樹脂系の2液硬化型、エマルジョン型などがある。使用温度的にも2液硬化型の場合は、その反応を生かし、常温から比較的高温度用のものまである。塗布型制振材の性能を7図に示す。



7. 塗布型制振材



施工方法は、コテ、ヘラなどで対象面に塗布するのでこの名称で呼ばれている。用途的には、薄板から厚板までかなりの範囲に使用可能であるが、一般的には厚板対策が多いようである。対象としては、消音器、ダクト、ショート、船舶などがある(写真(下)参照)。

スプレー型制振材

このタイプは施工面積が多い場合に利点がある。施工面積が少ない場合にはスプレー方式によるが、一般的にはアッセンブリー、材料準備、未施工部分の目張りなどの下準備に比較的時間を要するので不向きである。組成的には溶剤型と無溶剤型の2つに大別でき、熱可塑性樹脂系、タール系、2液硬化系、エマルジョン系がある。またスプレー方式は、制振材の粘度によって種々であり、低粘度の場合は塗料ガンのノズル径の大きなもの、比較的高いものには、モルタルガン、または制振材をかき上げるタイプのものもある。

現在ではまた、作業環境の面から溶剤型から無溶剤型への移行が進んでいるようである。

用途的には薄板、厚板の両者があるが、薄板分野の場合は特に自動車のアンダーフロアに防錆兼用で使用されている。厚板では船舶などに実施例が見られる。

コンストレイン型制振材

サンドイッチ型(対称型)

このタイプのものは一般的には、ダイビング鋼板と呼ばれるもので、厚みの等しい2枚の鉄板と鉄板の間に自己接着性のある制振材がサンドイッチされたものであり、市販されているものは鉄板の厚さが0.5~4.5mm程度のものである(8図参照)。



8. サンドイッチ型制振材(対称型)

特徴としては、鉄板単体個有のコインシデンス効果(透過損失の落ち込み部分)がなく、質量則より、いくぶん良い透過損失を得られることが指摘できる。前述の基板片側に制振剤を貼るエクステンシ