

直流電車用サイリスタチョッパ制御装置

Chopper Control Equipment for DC Car

宮上行生* 岡本研一* 沢 邦彦**
Yukio Miyakami Kenichi Okamoto Kunihiko Sawa

I. ま え が き

電気鉄道における直流電化方式は、その諸特性が輸送機関としてすぐれているため古くから実用化され、長い歴史をもっていることは周知の事実である。

一方最近の電力用半導体の進歩および電子制御装置の大電力分野への適用の実用化は直流電気車においても、無接点化、無段階式制御などの近代化を可能にした。

すなわち電力用大容量サイリスタとシリコントランジスタなどの高い信頼性と高速応性をもった電子制御機器との組み合わせにより構成される直流電圧変換器、いわゆるサイリスタチョッパ装置は主回路の大部分の接点を無接点化し、従来の車両保守作業に大きな比率をしめていた接点の保守を不要となし、無段階、高速応性をもった制御を行なうことで、乗心地、加減速が改良され、また始動時の抵抗損失がなくなり、回生制動を採用する場合の電力消費量の減少とともに車両の運転効率を高めるなど、数限りない利点をもたらすことになる。

本稿においては最近当社が製作した車両用サイリスタチョッパ装置に関し、札幌市交通局のご厚意により実施した現車試験結果を中心に、サイリスタチョッパ装置を大容量化し、架線より給電される直流電気車に適用した場合の問題点などについてその概要を述べる。

II. 主回路の構成と制御方式

1. 主回路構成

チョッパ制御の直流電気車への適用は多くの効果をもたらすが、電源から負荷へ断続電流を流そうとするチョッパの本質のため実施上考慮すべき事項がいくつかあり、それらの関連においてチョッパの利点を失なわないように主回路が構成されている。

- (1) 保護用高速度しゃ断器、回路しゃ断用単位スイッチ、P-B転換カムスイッチ、前後進切換カムスイッチなど、省くことのできない有接点部分を少なくして、動作責務を軽減した単純な回路構成とすることが、チョッパの無接点化、メンテナンスフリー化の特長を生かすうえ望ましいことである。
- (2) 電動機回路に流れる電流は比較的高い周波数の脈動

分を含むため主電動機に悪影響を与えるので、平滑リアクトルを用いて脈動分を軽減するが、高脈流率電動機を使用するか、あるいはチョッパを多相化する方法などを併用した方が得策である。チョッパを二相にする

第1表 チョッパ制御装置主要目
Table 1. Principal rating of DC chopper for electric rolling stock

編 成	M+M'
主電動機容量	85kW (375V×227A)×4台
電車線電圧	750V (450~825V)
最大加速電流	486 A/motor ($\alpha=3.5$)
最大ブレーキ電流	325 A/motor ($\beta=3.5$)
電動機接続	2S・2P永久
チョッパ接続	二相二重
チョッパ周波数	200Hz (総合 400Hz)
主電動機電流脈流率	10%
制御方式	電流平均値制御、定周波位相角制御方式
チョッパ回路方式	特殊二重反転方式
素子構成	
主サイリスタ	2S×2P×2G
転流サイリスタ	2S×1P×2G
フライホイールダイオード	2S×1P×2G
転流ダイオード	1S×1P×2G
バイパスダイオード	1S×1P×2G
素子形式	
主、転流サイリスタ	KGP21-13
フライホイール、転流、バイパスダイオード	KSP03-30
冷却方式	油浸風冷 (周囲温度 -30℃~140℃)
転流コンデンサ容量	165 μ F
平滑リアクトルインダクタンス	5 mH
フィルタリアクトルインダクタンス	7 mH
フィルタコンデンサ容量	1,800 μ F
フィルタ共振周波数	45Hz

* 電鉄・技術部 ** 開発部

れば、電動機の脈流対策としては充分であり、ソリッドヨークの脈流対策の行なっていない主電動機を使用できる。

- (3) 架線に脈動分を含む電流が流れると、その周波数および電流の値によっては通信線あるいは信号系統に障害を起こすおそれがあり、この対策としてフィルタを用いて脈動分を軽減するが、ここでもチョップの多相化は効果的である。多相化はその分割相数が多ければ、フィルタは小さくすることができる。しかしフィルタのコンデンサは、主電流の断続による異常電圧の発生を抑制するためにも必要であり、またチョップにより発生する脈動電圧はもちろん、変電所側より現われる脈動分に対しても共振しないようにしてフィルタの定数を選ばなければならない。
- (4) チョップによる直巻電動機の回生ブレーキは低速まで有効に働くのが特長であるが、回生ブレーキ時の電動機の発生電圧が電車線電圧より高くなると、回生電流が発散することになり、制御不能となり安定に動作しなくなるので、この対策が必要である。

第 1 表に今回試作した直流電気車用チョップ制御装置

の主要要目を示す。

2. 主回路つなぎ

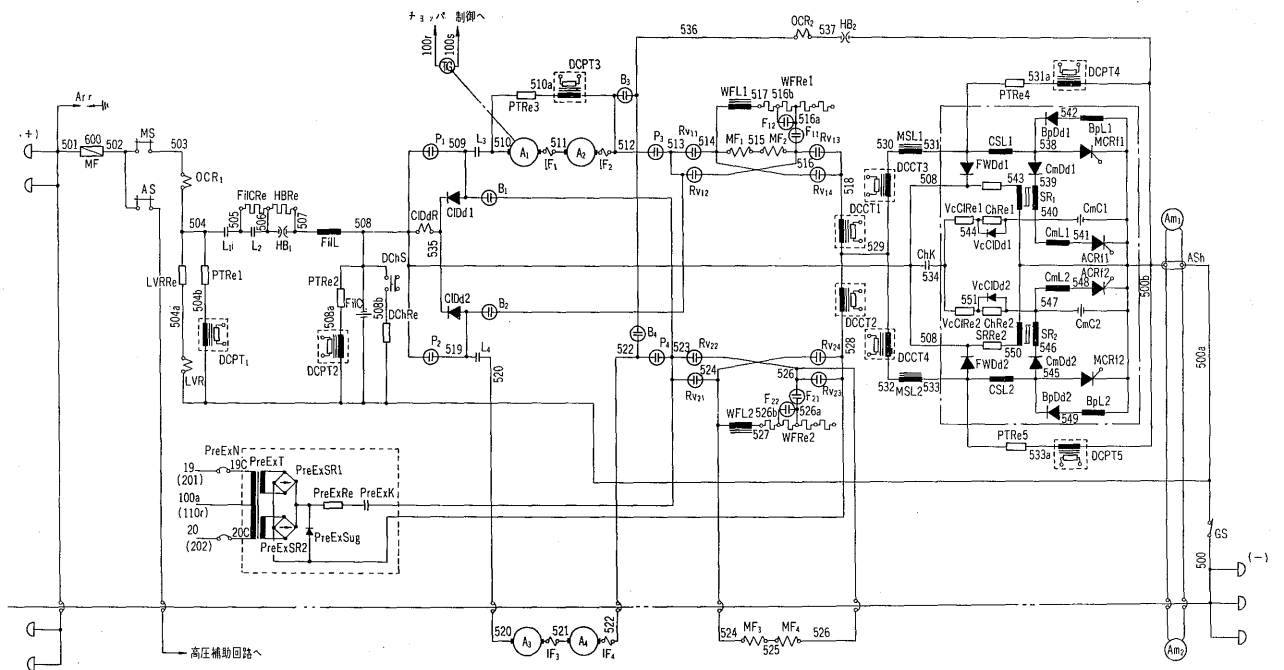
上述の観点において構成したチョップ制御による主回路つなぎを第 1 図に示す。

1) 力行時の主回路構成

第 2 図は力行時の主回路を簡略化したものである。主電動機は直巻電動機で 2 直列、2 並列に接続されている。チョップ制御では制御損失が少ないので電動機を直並列に切換接続する必要がない。チョップ装置は図示のように 2 組あり、各チョップは一定周波で動作し通流時間を制御する平均値制御方式により電動機電流を制御している。2 組のチョップ装置は動作位相が 180° ずれた位相差運転を行なっている。高速走行のため弱界磁制御を行なっている。弱界磁の制御段数は、チョップ制御では 1 段でも可能であるが、トルクを有効に利用するため 2 段とした。

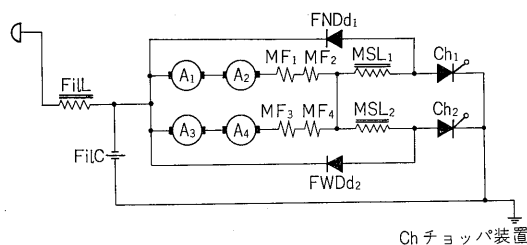
2) 回生ブレーキ時の主回路構成

第 3 図は回生ブレーキ時の主回路構成を簡略化したものである。主電動機接続は力行の場合と同じく 2 直列 2 並列であるが、ブレーキ電流の平衡を図るため交互界磁

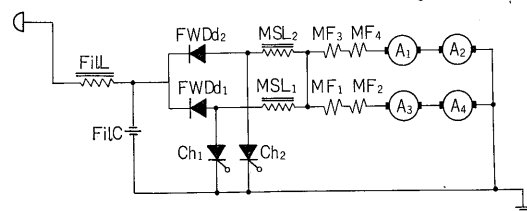


- | | | |
|-----------------|-------------------|--------------------|
| Arr: 避雷器 | B: 制動転換器 (回生ブレーキ) | CIDdR: 電流リレー |
| MF: 主ヒューズ | A: 主電動機電機子 | MCRf: 主サイリスタ |
| MS: 主回路断路器 | MF: 主電動機主極界磁 | ACRf: 転流サイリスタ |
| OCR: 過電流リレー | IF: 主電動機補極界磁 | CmDd: 転流ダイオード |
| LVR: 低電圧リレー | RV: 逆転器 | BpDd: バイパスダイオード |
| DCPT: 直流変圧器 | WFL: 誘導リアクトル | FwDd: フライホイールダイオード |
| L: 単位スイッチ | WFR: 分流抵抗 | CIDd: クランピングダイオード |
| HB: 高速度しゃ断器 | F: 界磁接触器 | CmC: 転流コンデンサ |
| FiLL: フィルタリアクトル | DCCT: 直流変流器 | CmL: 転流リアクトル |
| FiLC: フィルタコンデンサ | MSL: 主平滑リアクトル | SR: 可飽和リアクトル |
| P: 制動転換器 (力行) | | |

第 1 図 チョップ制御主回路つなぎ
Fig. 1. Main circuit diagram of DC chopper



第2図 力行時主回路簡略つなぎ
Fig. 2. Schematic powering circuit



第3図 回生ブレーキ時主回路簡略つなぎ
Fig. 3. Schematic regenerating circuit

にしている。低速でのブレーキ電流の立ち上がりをよくするために予備励磁を行なっている。回生ブレーキ時の保護のために高速度しゃ断器を電動機回路に入れている。回生ブレーキの安定化のために電動機電圧が電車線電圧より高くならないように、弱め界磁制御を行なうとともにチョップ通流率を自動制御している。さらに電車線電圧の急降下などにより不安定領域に入った場合に電機子から直接電源へ回生して界磁電流を減衰させて発生電圧を下げ、安定領域へもどすためのダイオード(CIDd)を設置している。

3. フィルタ

周知のごとくチョップの動作原理は、直流電圧電源に対しサイリスタを高速度で開閉させ、平均的にみて電源電圧より低い任意の直流電圧を与える装置であるから、電源にはサイリスタスイッチの閉期間の間だけ短形波に近い電流が流れることになる。この電流波形は高調波成分を多く含み、信号、通信線が近くにあれば電磁誘導により信号、通信線に誘導電圧を発生し、種々の障害を与える。この短形波に近い電流は入力端子に容量性インピーダンスを並列に設けることで原理的に平滑化することができるが、実際には電源側(架線)に存在するインダクタンス(車両変電所間の距離によって変る)の影響を避ける意味で、直列インダクタンスを設け、いわゆる逆L形フィルタとして用いられる。この場合チョップの周波数がこの逆L形フィルタの共振周波数に近いと、コンデンサの電圧、電流が異常に増大するので危険である。この共振を防止するためにコンデンサとインダクタンスの共振周波数をチョップ運転周波数の数分の1に設定し、チョップの運転周波数をフィルタの共振周波数に近づかないようにして固定する。チョップ制御方式によ

る電圧制御の方法にはいろいろ考えられるが、架線より給電される電気車においては、上記の理由により通常定周波制御方式が採用される。

ここで問題となる誘導障害としては通信線に対して障害となる音声周波数帯域内の通信誘導障害と、軌道回路、ATC回路などの信号回路に対する信号誘導障害が考えられる。前者は各調波電流に対し雑音評価係数を乗じ2乗和して平方した量であり、等価的に電話回線に対する妨害の程度を表す値である。後者は前者と異なり特定周波数の高調波電流が問題となり、被誘導側の諸条件(使用周波数、回路インピーダンスなど)によって障害の程度は異なるため、起誘導側の値のみで影響の程度を推定することは実際上困難である。

いま逆L形にて構成したフィルタのインダクタンスを L 、コンデンサのキャパシタンスを C とすると、このコンデンサの端子電圧は負荷側のチョップ開閉に伴い脈動をくり返す。この変動分の最大値 $\Delta E_C \max$ は二相チョップにおいては制御率 $\alpha=1/4$ および $3/4$ において表われ、

$$\Delta E_C \max = \frac{I}{\omega_0 C} \cdot \frac{1}{2} \tan\left(\frac{1}{2} \pi f_0 / 2f\right) \dots\dots(1)$$

ただし

I : 主電動機回路電流

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$: フィルタ共振周波数

$\omega_0 = 2\pi f_0$

f : チョップ装置の各相当りの運転周波数

またこの場合電源側に流れる脈動電流の脈流振幅の最大値 ΔI は、

$$\Delta I = \frac{I}{2} \left[\frac{1}{\cos\pi f_0 / 2f} \right] \dots\dots(2)$$

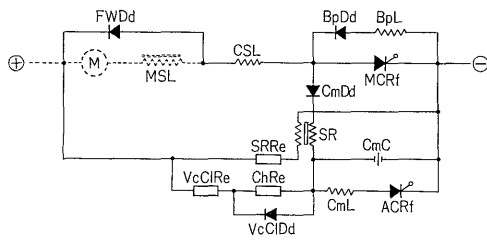
で与えられる。

実際には、チョップ装置の過電圧耐量はアレスタなどによって決まる外雷サージなどから決められ、一方誘導障害防止の目的から、架線側に流れる脈動電流を低く押える必要からフィルタ定数が選定されるから、この ΔE_C は素子の耐圧を決める要因とはならない。

今回の装置に関しては上記諸条件を考慮して単一逆Lフィルタと成し、その定数は、最大インダクタンス $L=7\text{mH}$ 、 $C=1,800\mu\text{F}$ (共振周波数 45Hz)とした。

4. 転流回路

第4図に富士式サイリスタチョップの転流回路構成を示す。図中 $MCRf$ はチョップ ON 状態を作る主サイリスタ、 $ACRf$ はチョップ OFF 状態を作る $MCRf$ 消弧のための補助サイリスタ、 C 、 L は転流コンデンサ、転流リアクトル類であり、これらがチョップの主要部を構成している。第5図は転流動作の各部波形を示す説明図で



- MCRf: 主サイリスタ
- ACRf: 転流サイリスタ
- FWDd: フライホイールダイオード
- CmDd: 転流ダイオード
- BpDd: バイパスダイオード
- VcClDd: 転流コンデンサ電圧クランピングダイオード
- CmL: 転流リアクトル
- BpL: バイパスリアクトル
- SR: 可飽和リアクトル
- CSL: 主サイリスタ di/dt抑制リアクトル
- SRRe: 可飽和リアクトルリセット抵抗
- ChRe: 補充電抵抗
- VcClRe: 放電抵抗

第 4 図 チョップ転流回路
Fig. 4. DC chopper circuit

の共振回路でコンデンサ電圧は反転する. この反転が終わった後, 可飽和リアクトル SR が飽和すると, $CmC \rightarrow MCRf \rightarrow CmDd \rightarrow SR$ の共振回路で $MCRf$ を OFF させる. $MCRf$ OFF 後はさらに $CmC \rightarrow BpL \rightarrow BpDd \rightarrow CmDd \rightarrow SR$ の閉回路で共振し, コンデンサは再び元の極性に充電される. 主サイリスタの逆電圧時間は $MCRf$ OFF 後, コンデンサの電圧が零になるまでの期間として与えられるのでサイリスタ個々のターンオフタイムが小さいほど CmC および BpL は小さいもので良い. この共振が終わってから MSL, CSL の作用により, コンデンサは $CmDd$ を介しさらに充電され, これが電源電圧に等しくなった時点から負荷電流は $MSL \rightarrow$ フリーホイールダイオード $FWDd \rightarrow M$ の閉回路を環流する. 次に $MCRf$ が再度点弧すると負荷電流は $FWDd$ から TH_1 に転流する.

以下同様にしてチョップは ON, OFF を繰り返すが, この繰り返し周波数は, 外部に対する誘導障害, 入力フィルタの規模, サイリスタの許容電流, ターンオフタイム, チョップ装置の電圧制御範囲, 電動機の許容電流脈動率, 平滑リアクトルの大きさなどに関係があり, 本装置では 1 チョップ当たり最高 200Hz 電動機および電源に対し 400Hz が採用された.

なお抵抗 $ChRe, VcClRe$ の回路は予備充電回路で, 抵抗 $VcClRe$, ダイオード $VcClDd$ はコンデンサが負荷電流によって電源電圧以上に充電されることを押える回路である (特許出願中).

また可飽和リアクトル SR は電源電圧変動に対して, 出力電圧を一定にする作用をもっており, 代わりにサイリスタを用いた場合に比べ制御装置が簡単にできる.

以上この富士式サイリスタチョップの転流回路の特長は転流コンデンサの反転電流が主サイリスタを通らないことであり, 主サイリスタは負荷電流のみの通電容量をもてば良いことになる. さらに上述したごとく, 直流電気車のごとく電源電圧が高い場合, 転流コンデンサの電圧を必要以上に上昇させて, チョップ回路構成部品の耐圧を増加させることのないよう考慮されている.

5. 制御方式

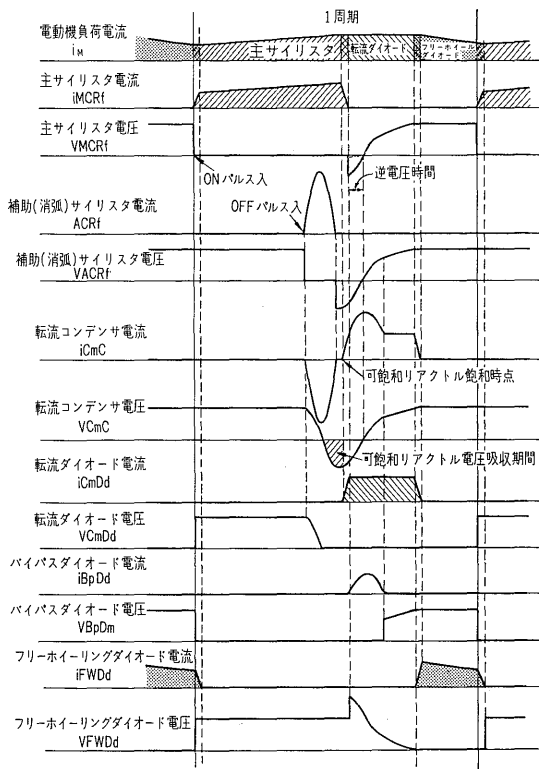
第 6 図に制御回路の構成を示す.

1) 電流制御方式

チョップ制御方式としては瞬時値制御方式が, 構成が簡単であるが, チョップの多相化および誘導障害対策の容易な点から, 定周波位相角制御方式を採用した.

2) 力行始動時の制御

チョップの動作周波数は信号系統などの周波数を避けて 200Hz に選んだので電動機の始動電流を抑制するため, チョップの ON 期間一定の周波数制御を併用し, 周波数が 200Hz に達してから, 移相角制御に移行する



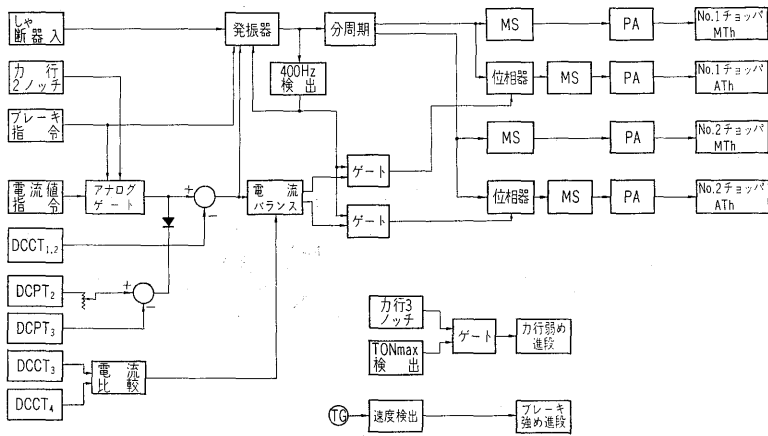
第 5 図 チョップ転流時の各部電圧, 電流波形
Fig. 5. Oscillogram of each voltage and current

ある。

以下に転流動作を説明する。

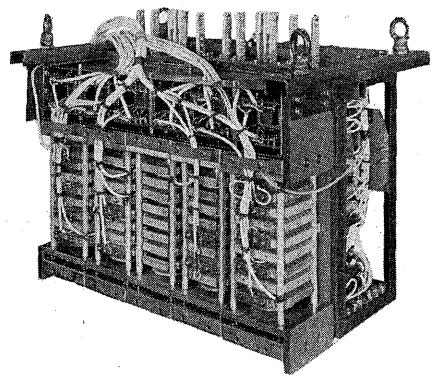
主回路が形成されると転流コンデンサは必ず運転開始前に電源より図示の極性に充電される. この状態で TH_1 が点弧すると, 電源 $\rightarrow M \rightarrow MSL \rightarrow CSL \rightarrow MCRf$ を通って負荷電流が流れる.

次に $ACRf$ を点弧すると, まず $CmC \rightarrow CmL \rightarrow ACRf$



第6図 制御回路構成図

Fig. 6. Block diagram of control circuit for DC chopper



第8図 チョップ装置タンク内容品外観

Fig. 8. Outer view of element in oil for DC chopper

ようにしてある。

3) 回生ブレーキ制御

ブレーキ開始時におけるブレーキ電流の立ち上がりを容易にするために、ブレーキ開始時だけ瞬時値制御を行ない、ブレーキ電流が立ち上がると周波数一定の位相制御に移行させている。また回生ブレーキの安定のため電流制御のほかに電圧制御ループを組み込んでいる。

4) 界磁進段

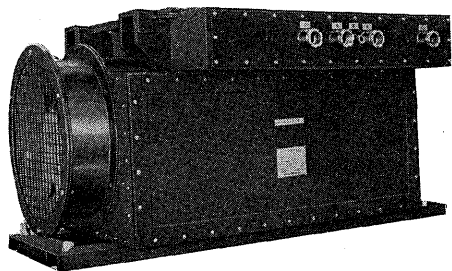
力行時は全界磁で始動し、位相角最大となると弱め界磁に進段し、最弱界磁において位相角最大となるとチョップ装置の発生損失を少なくするためチョップ短絡を行っている。

ブレーキ時には最弱界磁でブレーキ電流を立ち上げ電動機回転速度をチェックして安全な界磁を選択している。

III. 主要電気機器

1. チョップ制御整流装置

第7図はチョップ制御整流装置の外観、第8図はタンク内の部品外観を示す。また第2表および第3表に本装置に使用した平形サイリスタおよびダイオードの主要項目を示す。第7図および第8図に示すごとく本装置には、サイリスタ、ダイオード、ゲート変圧器などをまとめ、外表面に冷却フィンを備えたアルミ合金製タンク内



第7図 チョップ制御整流装置外形

Fig. 7. Outer view of DC chopper

第2表 サイリスタ要目

Table 2. Ratings and characteristics of main thyristor used in DC chopper

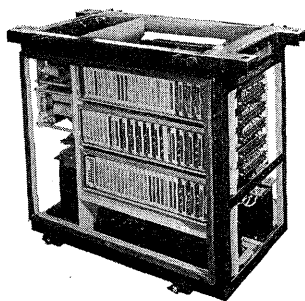
形 式	KGP 21-13
定格平均順電流	400A (180° 通流角)
定格動作逆電圧	1,300V (波高値)
定格非くり返し逆電圧	1,450V (波高値)
定格動作順阻止電圧	1,300V (波高値)
定格ゲート電流	10A
定格ゲート電圧	10V (順方向) 5V (逆方向)
過電流耐量 1サイクル	8,000A (180° 通流角 60Hz ベース)
最大逆電流	30mA (波高値)
最大順漏れ電流	30mA (波高値)
順電圧降下	1.65~2.0V (at 1,250A)
熱抵抗	0.04°C/W
ターンオン時間	1~6μsec
定格臨界順電流上昇率	100A/μsec
せん頭ターンオン電流	200A
ターンオフ時間	50μsec
定格臨界順阻止電圧上昇率	300V/μsec (at PFV/1.5)
定格接合部温度	115°C

第3表 ダイオード要目

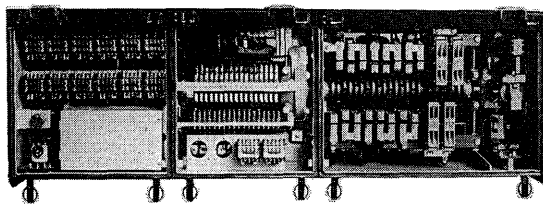
Table 3. Ratings and characteristics of main diode cased in in DC chopper

形 式	KSP 03-30
定格平均順電流	800A
定格動作逆電圧	3,000V (波高値)
定格接合部温度	160°C
過電流耐量 1サイクル	12,500A (180° 通流角 50Hz ベース)
最大逆電流	50mA (at 10°C)
順電圧降下	1.6 (at 25°C 2,500A 波高値)
熱抵抗	0.04°C/W

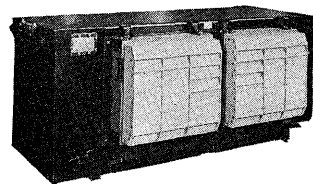
に絶縁油とともに収め密封してある。このタンク内にはクロスフローポンプが設けられ、内部の絶縁油を強制循環させ冷却させる方式を採用している。この方式では半導体接合部に集中して発生する熱損失を、平形素子の特



第 9 図 ゲート制御装置
Fig. 9. Outer view of gate controlling unit for DC chopper



第 10 図 転換制御器外形
Fig. 10. Outer view of main controller



第 11 図 断流器箱外形
Fig. 11. Outer view of line braker box

長といえる両面冷却フィンにより金属性フィンに伝え、油の強制循環により油中に伝達し、タンク外面のフィンより空气中に放出する原理であるため、通常の風冷式または送油風冷リクーラ式に比べ寸法、重量ともに小形軽量化されるほか、外気に対し主回路導電部が露出しないため、外気の影響による絶縁劣化のおそれがまったくないなど数多くの特長をもった方式である。

2. チョップゲート制御装置

第 9 図にチョップゲート制御装置の外観を示す。この回路は信頼性が高く、振動衝撃にも強い当社の標準論理素子 F-MATIC N を主体として構成し、ノイズに対し特に考慮した回路方式を採用している。

3. その他の機器

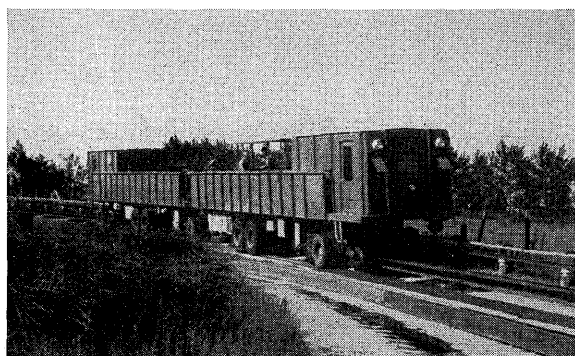
今回製作したチョップ制御装置のおもな機器は第 4 表に示す。第 10 図に転換制御器、第 11 図に断流器の外観を示す。

第 4 表 主要制御機器一覧
Table 4. Control equipment for DC chopper rolling stock

機 器 名	内 蔵 品
チョップ制御整流装置	チョップ回路, クロスフローポンプ, 電動送風機
チョップゲート制御装置	チョップゲート回路
転流装置箱	転流コンデンサ, 転流リアクトル
転換制御器	制動転換器, 逆転器, 界磁接触器, 直流変成器
断流器箱	単位スイッチ, 高速度しゃ断器
フィルタリアクトル箱	フィルタリアクトル
フィルタコンデンサ箱	フィルタコンデンサ
主平滑リアクトル箱	主平滑リアクトル
予備励磁装置	予備励磁回路

IV. 試験結果

チョップ制御装置の現車試験に用いられた試験車は、地下および市街地用に騒音対策車両として札幌市交通



第 12 図 札幌方式案内軌条試験車外形
Fig. 12. Outer view of testing car

局、川崎重工業および当社により開発された案内軌条式ゴムタイヤ車で抵抗式制御装置が装備されている。第 12 図はその外観を示す。この車両はゴムタイヤの高粘着性能とあいまってチョップ制御を行なう場合利点の多い車種といえる。

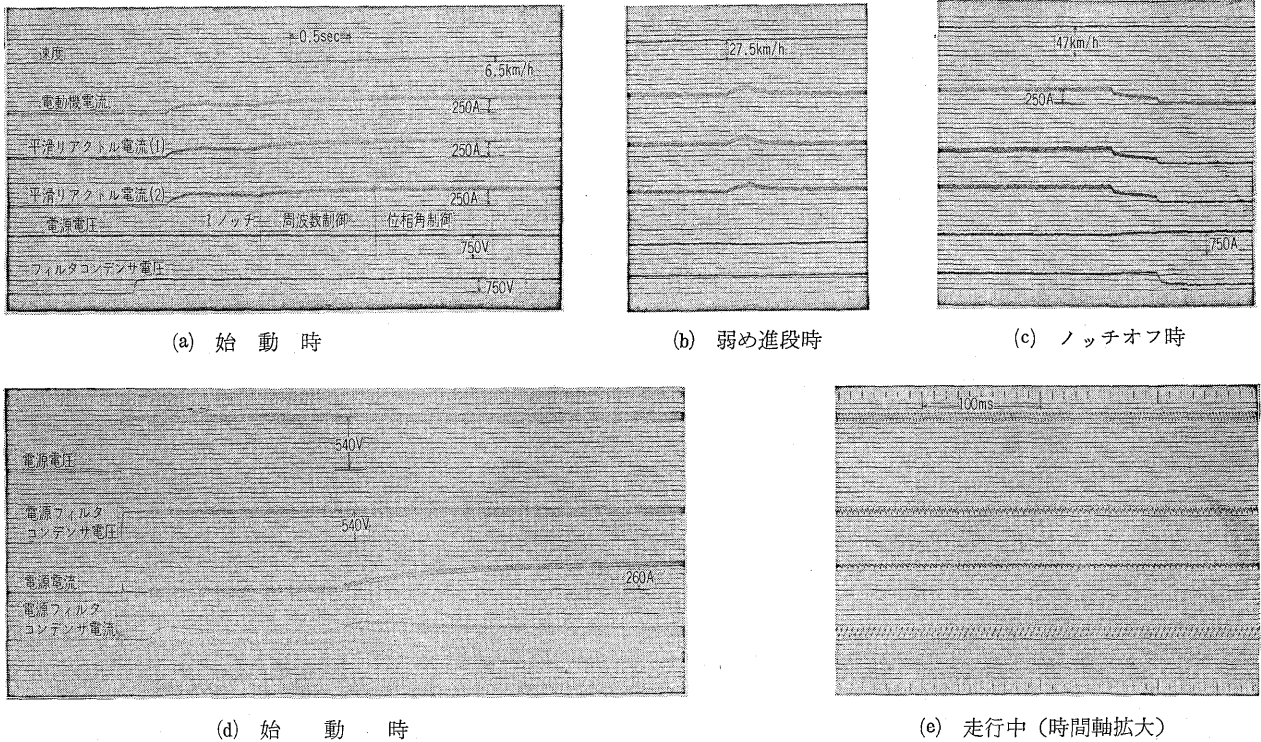
今回の現車試験においてはチョップ制御装置一式を車上に簡装し、抵抗式制御装置と切換へて、昭和 44 年 8 月よりのべ 2 か月あたり、札幌市交通局案内軌条車実用化試験線において実施した。以下に試験結果の概要をのべる。

1. 力行性能、ブレーキ性能

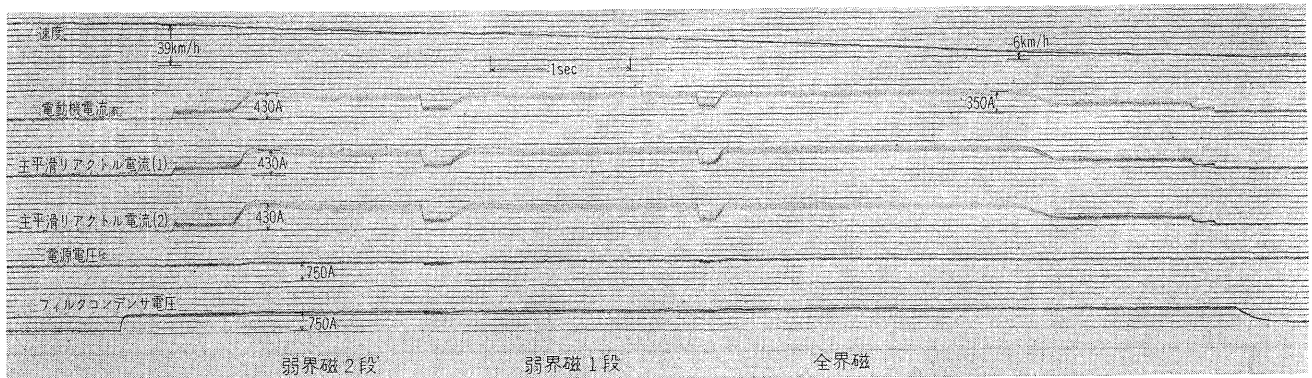
第 13 図に力行時のオッシログラムを示す。(a)は起動時の、(b)は弱界磁進段時の、(c)はノッチオフ時の、(d)は起動時の電源関係の、(e)は(d)の時間軸を拡大した波形である。第 14 図に回生ブレーキ時のオッシログラムを示す。加減速性能は抵抗制御(発電ブレーキ)と比べ、ほとんど差が認められなかったが、チョップ制御では乗り心持およびブレーキの応答性(立ち上がり)がかなり良かった。

2. チョップ装置各部波形

第 15 図(a)~(p)は第 5 図のチョップ転流時各部波形に対応するもので、シンクロスコープで測定し写真撮影し



第 13 図 力行時オシログラム
Fig. 13. Oscillogram of powering



第 14 図 ブレーキ形オシログラム
Fig. 14. Oscillogram of regenerative braking

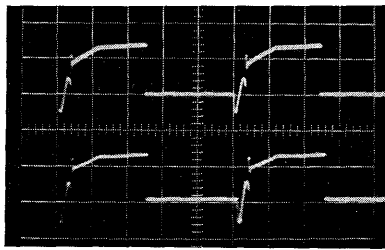
たものである。第 5 図とよく一致しており、チョップの動作および制御が良好に行なわれていることを示している。

3. 等価妨害電流および電源電流調波分析

第 5 表に JP の測定結果（走行途中の最大値）を示す。設計値 0.3A/100A に比べて約 1/10 の値になっている。これは電源側のインダクタンス、バックパワの大きさあるいは電源の種類（現車試験では回転変流機を使用）などの考慮していない要素の影響が大きいと考えられる。抵抗制御車の場合もほぼ同程度の JP が観測されており、また線路のすぐそばにおいたテレビ、ラジオなどに対しても全然影響はなく、電車線よりの誘導障害は、少ない例で簡単に判断できないが、現在の対策は充分であろう。ただチョップ装置の配線は高脈流率の電流が流れており、これらによる車内放送設備などに対す

第 5 表 J P 測定結果
Table 5. JP of source current

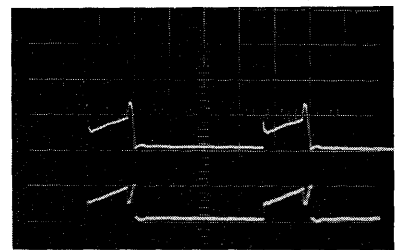
走行条件	電源電流 (A)	JP (A)
力行 1 ノッチ	30	0.005
力行 2 ノッチ	400	0.045
力行 3 ノッチ	400	0.055
制動 1 ノッチ	100	0.045
制動 2 ノッチ	140	0.043
制動 3 ノッチ	180	0.05
制動 4 ノッチ	200	0.05
制動 5 ノッチ	230	0.06
制動 6 ノッチ	230	0.063
制動 7 ノッチ	260	0.073
力行 2 ノッチ (チョップ単相)	200	0.05



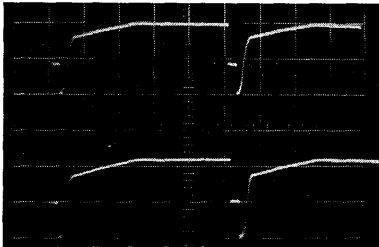
(a) 主サイリスタ電圧波形
200V/cm, 1 msec/cm



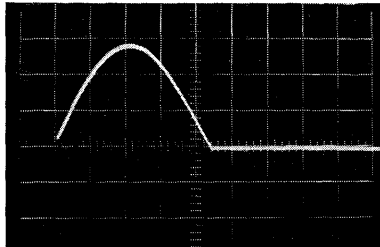
(b) 主サイリスタ転流時電圧波形
200V/cm, 100 μsec/cm



(c) 主サイリスタ電流波形
50A/cm, 1 msec/cm



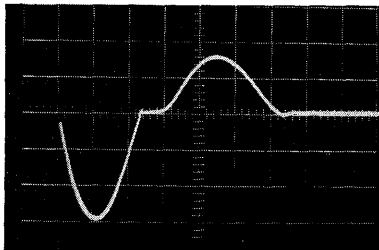
(d) 転流サイリスタ電圧波形
200V/cm, 1 msec/cm



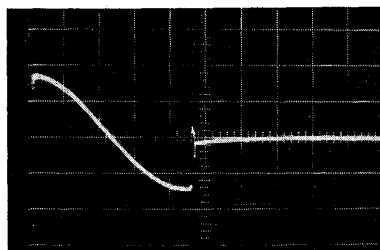
(e) 転流サイリスタ電流波形
500A/cm, 50 μsec/cm



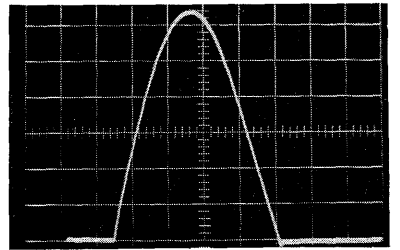
(f) 転流コンデンサ電圧波形
200V/cm, 1 msec/cm



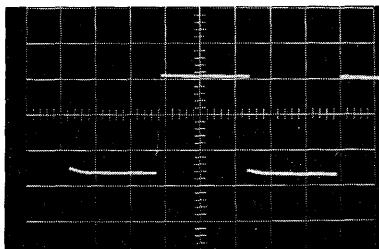
(g) 転流コンデンサ電流波形
500A/cm, 100 μsec/cm



(h) 転流リアクトル電圧波形
200V/cm, 50 μsec/cm



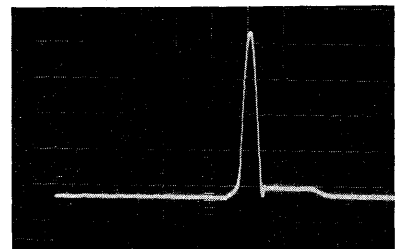
(i) 転流リアクトル } 電流波形
転流ダイオード }
200A/cm, 50 μsec/cm



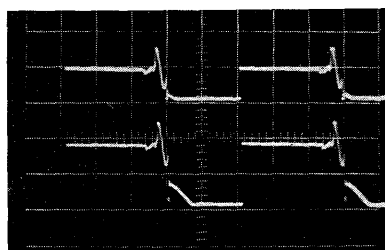
(j) 転流ダイオード電圧波形
200V/cm, 1 msec/cm



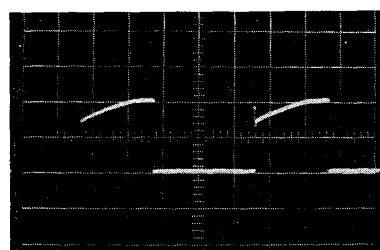
(k) 可飽和リアクトル電圧波形
200V/cm, 100 μsec/cm



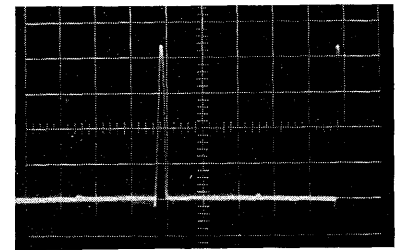
(l) 可飽和リアクトル電流波形
200A/cm, 0.5 msec/cm



(m) フライホイールダイオード電圧波形
200V/cm, 1 msec/cm



(n) バイパスダイオード電圧波形
250V/cm, 1 msec/cm



(o) バイパスダイオード電流波形
200A/cm, 1 msec/cm



(p) クランプダイオード電圧波形
250V/cm, 1 msec/cm

第 15 図 各部電圧電流波形

Fig.15. Oscillogram of each voltage and current

る回路配線からの直接の誘導障害が発生する恐れがあるのでその籐装および配線には充分注意する必要がある。

工場試験において、電源電流に含まれる高調波の分析をした結果、電源側(60Hz 三相全波整流)に起因する調波として、60, 120, 360, 720, 1,080Hz が観測され、チョップ側の動作条件には影響されずほとんど一定で、JP フィルタ定数により流れる電流が決る。またチョップ装置側に起因する調波として、単位チョップ動作周波数を f とすると、 $f, 2f, 3f, \dots, nf$ が観測され、チョップ動作条件によってその値が異なるが最高 25 次程度まで減衰の少ない場合もあった。現車試験においても聴覚感度を含まない JP (flat) は JP (Weight) の約 6~8 倍の値を示しており、高次の高調波がかなり含まれていることを示している。60Hz 成分は JP フィルタの軽減上問題である。また信号障害については今回特に試験を行なわなかったが特定の周波数成分が問題となるので、さらに充分な検討を要する。

4. 電力消費量の測定

抵抗制御と同一条件で走行を行ない消費電力を測定し

た。抵抗制御の消費電力を 100 とすると、チョップ制御の消費電力は回生電力を含まない場合で 91% であり、回生電力をさし引くと約 70% であった。

V. む す び

以上大略ながら直流電車用サイリスタチョップ制御装置について報告した。車両における半導体応用については今後も著しい発展が見込まれる分野であり、当社も今後さらにこの分野においても、車両の近代化、合理化に寄与すべく努力を続ける所存である。大方のご批判を戴ければ幸甚である。最後に本装置の試作および試験に際し多大なご指導とご協力をいただいた札幌市交通局および川崎重工業の関係者各位に厚くお礼申し上げる次第である。

参考文献

- (1) 沢・小坂・土屋：静止直流変換装置
富士時報 42, No.7 (昭 44)
- (2) 宮 上：車両における応用
富士時報 42, No.7 (昭 44)

技術論文社外公表一覧

題 目	所 属	氏 名	発 表 機	関
電磁開閉器	吹上工場	岩田 悟	電磁開閉器(単行本)	1月22日 日刊工業新聞社
大電力サイリスタによる工業用直流電源の最近の進歩	一工・技術部 一工・技術部	長谷三千雄 中野 勝美	OHM誌	2月号 オーム社
ナイフスイッチの選び方と問題点	開 発 部	辻 貞夫	電気と工事誌	2月号 オーム社
変換機器の諸定数と応用計算	開 発 部	森 春元	電気計算誌	3月号 電気書院
最近の直接式遠隔監視制御技術	制技・系統 技 術 部	笹本 正彦	電気計算誌	3月号 電気書院
速度および加速度継電器の原理と適用	一工・技術部	新宮 明二	図説電気誌	3月号 電気書院
最近の液面検出装置とその使い方	計測・技術部	小島 洋	図説電気誌	3月号 電気書院
DISP情報検索システムに関する実験、質問パラメータの検索時間に与える影響	中央研究所	喜多村政美	情報管理誌	3月号 日本科学技術情報センター
S.F. ガスの諸特性と応用上の問題点	中央研究所	井関 昇	昭 45 電気学会連合大会シンポジウム(講演) 4月1~4日	電気学会
電力ヒューズ選定上の諸問題	吹上工場	竹谷 是幸	OHM誌	4月号 オーム社
歪制御低サイクル疲労破面他	中央研究所	石田 末重	日本金属学会、金属の組織写真展(出版) 4月	日本金属学会
DISP情報検索システムに関する実験、質問パラメータの検索時間に与える影響	中央研究所	喜多村政美	FACOM EDP 論文集第3集	7月 FACOMファミリー会
Variable Pressure Operation of Steam Power Plant Optimized by Computer	システム部	吉江 充	IFAC Symposium on Systems Engineering Approach to Computer Control (講演) 8月11~14日	IFAC 京都シンポジウムコミッテイ



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。