

車 両 用 高 圧 イ ン バ ー タ

High-Voltage Thyristor Inverter for DC Tram Car

前 島 和 二*
Katsuji Maeshima

中 村 勝 利*
Katsutoshi Nakamura

堀 江 竜 郎**
Tatsurô Horie

要 旨

直流電気車内で使用する低圧直交流電源として1,500V 架線電圧で駆動する12kVA サイリスタインバータを製作した。またその製作に先だち1,000 km, 延50時間の実車走行試験を行なった。その結果パンダグラフなどで集電する入力直流の不安定な場合にも十分実用化できることが証明された。以下その概要および実車試験結果につき報告する。

1. 緒 言

直流電車の車内照明, 制御回路など補機用低圧電源として従来電動発電機が用いられてきた。各種機器の静止化に伴い, 保守の合理化をめざしてサイリスタによる静止インバータが要望されるに至った。低圧直流を入力とするサイリスタについてはすでに多数の実用例^{(1)~(3)}を有しているの、この種のインバータとしては直流入力1,500Vの高圧であること, 主電動機の開閉, パンダグラフの離線による直流入力の不安定が存在することを考慮すればよい。

2. 車両用高圧インバータの問題点

サイリスタインバータ方式は電動発電機と比較して応答速度大, 消耗部品皆無, 保守簡便など静止器としての特長をすべて備えているが, 電氣的に慣性がなく次のような問題点がある。

- (1) 主電動機の投入, 開放によって架線電圧が急変し, 出力に影響を及ぼす。
- (2) パンダグラフが走行中の振動によって架線より離れるいわゆる離線が存在する。これによって瞬時停電が繰返され, 特殊な方策を施さなければ, ひん繁に起動停止が行なわれ, 蛍光灯など照明に及ぼす影響が大きい。
- (3) 給電系統の分離点に設けられたセクションによって停電し, 瞬間停止, 起動が行なわれる。

3. 試作サイリスタインバータ

今回製作したサイリスタインバータの仕様は表1に示すとおりである。1966年9月より帝都高速度交通営団, 東西線にて長期実車試験に供されている。前述した問題点に対する対策としては次のようなものがあげられる。

- (1) 架線電圧急変による出力電圧の急変に対しては入力直流側に若干のコンデンサを設置し, インバータ入力電圧の急変を避けた。さらに定電圧装置の速応性に意を用い, 負荷に及ぼす影響を軽減せしめた。
- (2) 後述するように複数個のパンダグラフで集電する場合には離線による停電は存在しない。したがって特別の対策は不要であるが, 万一の単独パンダグラフとなった場合にも直流入力側に設けられたコンデンサによって安定な連続運転が続けられるようにした。
- (3) セクションの通過に対しては比較的停電時間も長く, 車内に搭載された蓄電池より給電する方法もあるが不経済である。今回は複数個のパンダグラフで集電しているの特別な考慮ははらわれていない。

表1 12kVA インバータ仕様

定 格 出 力	12 kVA
定 格 出 力 電 圧	200 V
出 力 電 圧 精 度	±5% 以 内
出 力 相 数	単 相
定 格 周 波 数	50 c/s
周 波 数 精 度	±5% 以 内
定 格 力 率	0.95 遅 れ
定 格 入 力 電 圧	1,500 V
入 力 電 圧 変 動 範 囲	900~1,650 V
定 格	連 続

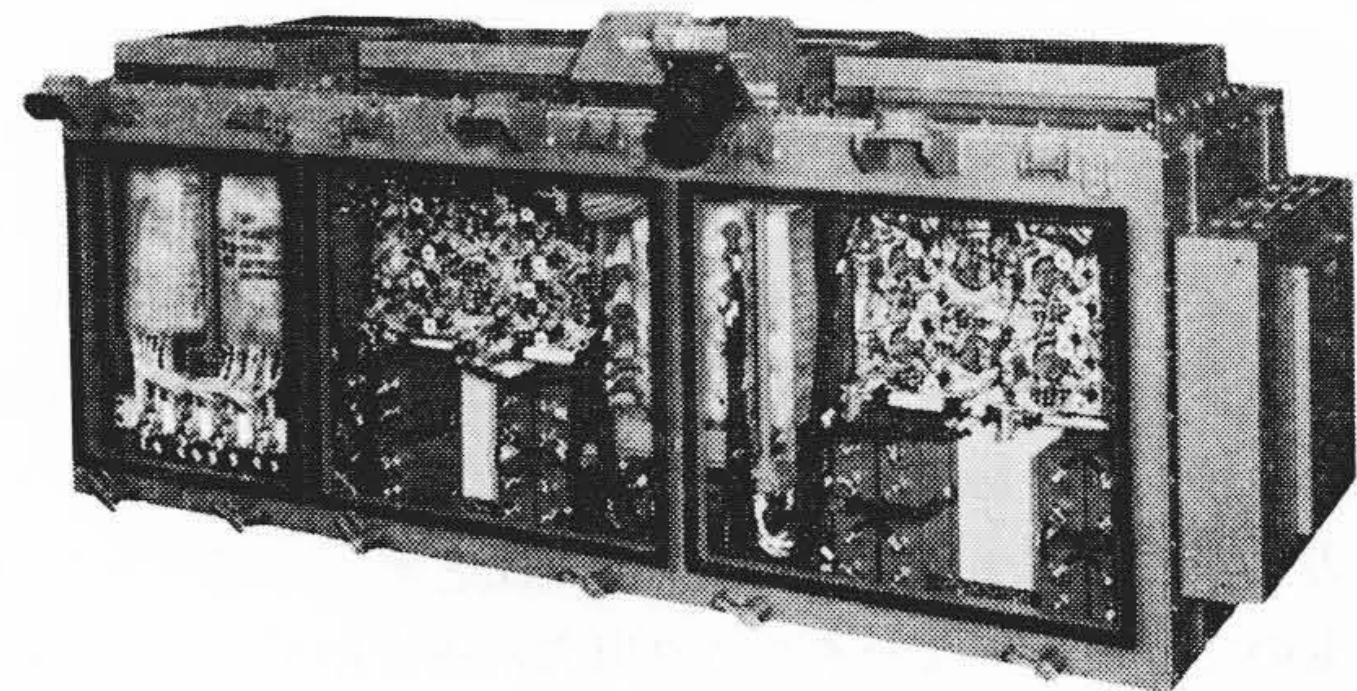


図1 12kVA サイリスタインバータ

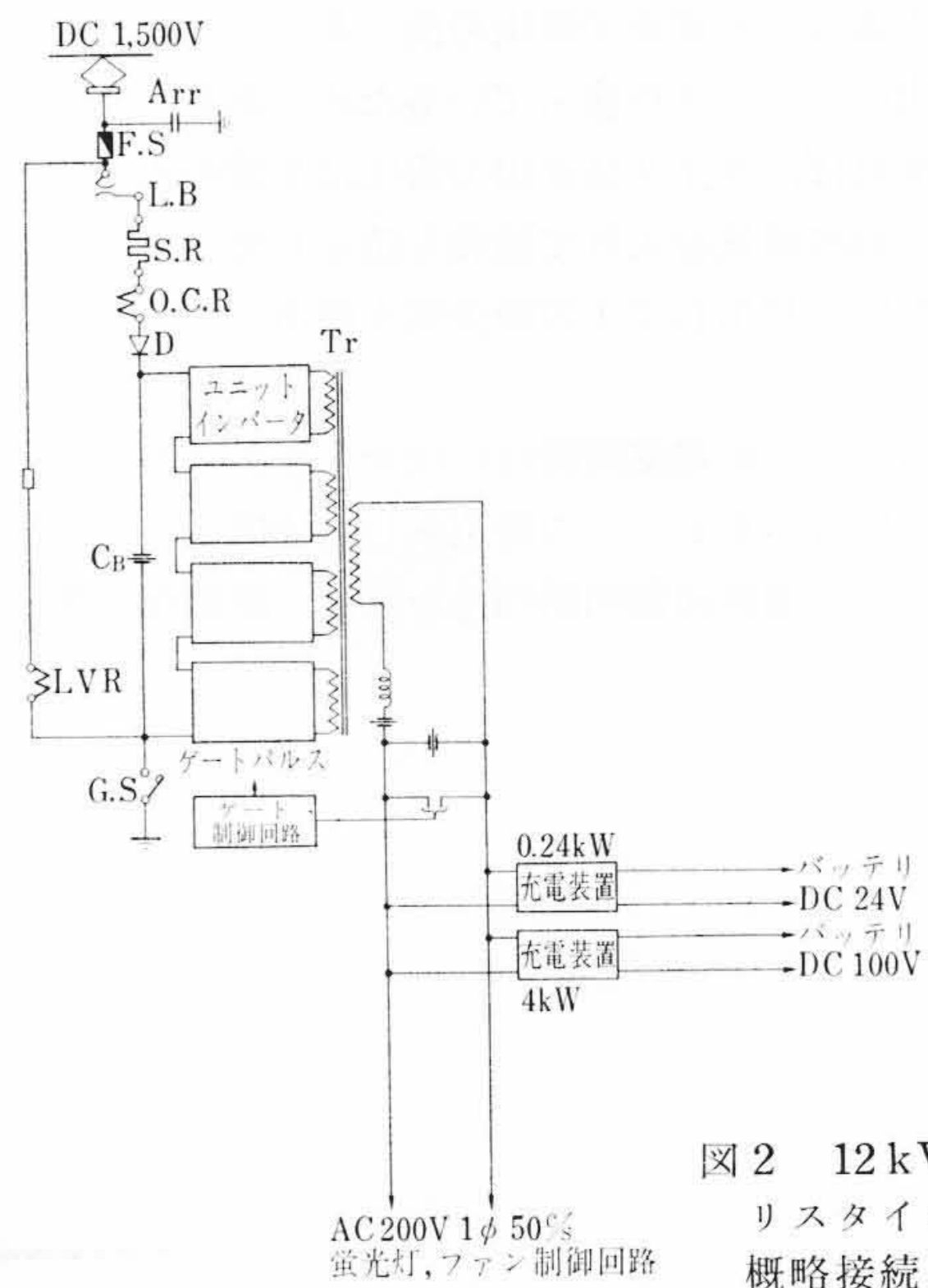


図2 12kVA サイリスタインバータ概略接続

- (4) インバータ入力が高圧の1,500Vである点に関しては, サイリスタを複数個直列接続する方法, あるいは単位インバータを多数用い, これを直流側で直列接続する方法などが考えられる。今回は後者の方法を採用した。

図1および図2に本機の外観および概略接続を示す。

* 日立製作所日立工場

** 日立製作所水戸工場

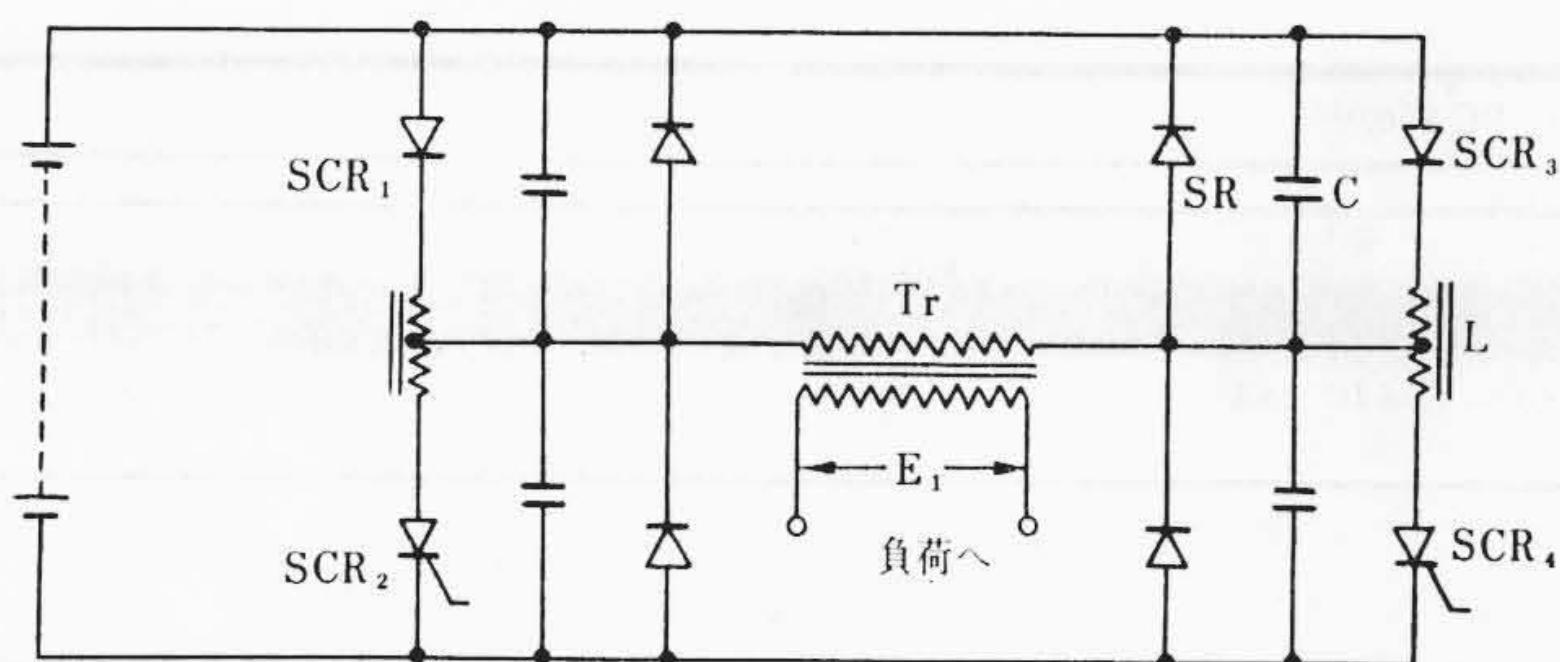


図3 幅制御インバータ接続

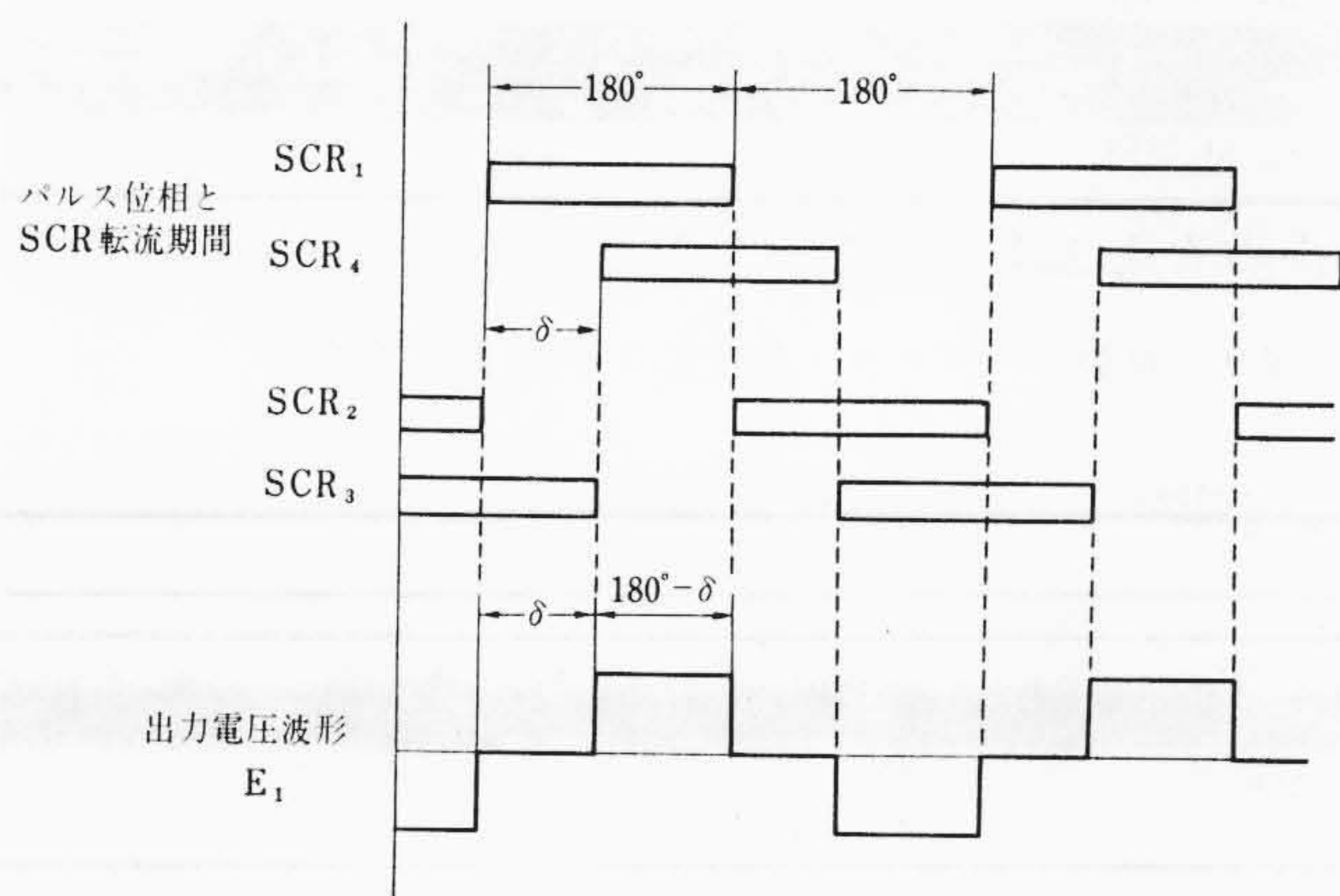


図4 幅制御インバータ各部電圧

3.1 構 造

インバータきよう体は床下につり下げられる構造で両側面より点検できるようにしてある。ゲート制御回路は半導体を主体としたもので一部の部品を除きプリント板に取り付けられ、外来雑音に対して十分な強度を有するようシールドケースに収納されている。

3.2 インバータ主回路構成

単位インバータは幅制御インバータ⁽²⁾よりなり4段の単位インバータは同一位相で運転される。幅制御インバータの原理接続図および各部電圧を図3および図4に示す。インバータの発生した方形波は平滑器によって波形整形され負荷に給電される。インバータの発生する電圧は

$$E = \frac{4}{\pi} E \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{2n-1} \sin(2n-1) \left(\omega t + \frac{\delta}{2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

で表わされる。このように出力電圧は群間位相差角δの関数で表わされるので、入力電圧および負荷の変動に対しては群間位相差角δを調整し、自動定電圧制御を行なう。

単位インバータ間の電圧平衡に対しては変圧器鉄心を共通とし、良好な結果が得られるようにしてある。

直流入力側には直列抵抗、ダイオードおよびコンデンサCBを設け架線電圧急変や離線による瞬時停電に備えている。万一の転流失敗による直流短絡に対しては過電流継電器によって検出遮断し、過電流より保護する。この際過電流は直列抵抗によって制限される。

架線電圧が比較的長期間低下した場合には低電圧継電器LVRによって遮断停止し、再送電再起動に備える。

4. 現車試験結果

長期実用試験品の製作に先だち帝都高速度交通営団のご好意により1965年12月実用化先行試験を実施し、予定の性能を得たその結果⁽⁴⁾を報告する。図5に走行状態での各部の電圧、電流の変化の様様を示す。

試験路線 帝都高速度交通営団日比谷線 北千住—中目黒間
 走行距離 約1,000 km (24往復, 延50時間…停止運転含む)
 負荷条件 单相 200V 120 c/s 3.2 kVA
 (蛍光灯 2.5, 制御装置 0.5, 充電装置 0.2 kVA)

4.1 負荷急変試験

3.2 kVAの負荷急変を行なった場合の出力電圧の変化の様様を図6および図7に示す。出力電圧の瞬時変化は15%程度で数c/sで整定値に復帰していることが認められる。

4.2 架線電圧急変試験

主電動機の投入、開放に伴う架線電圧の急変に対応する各部の電

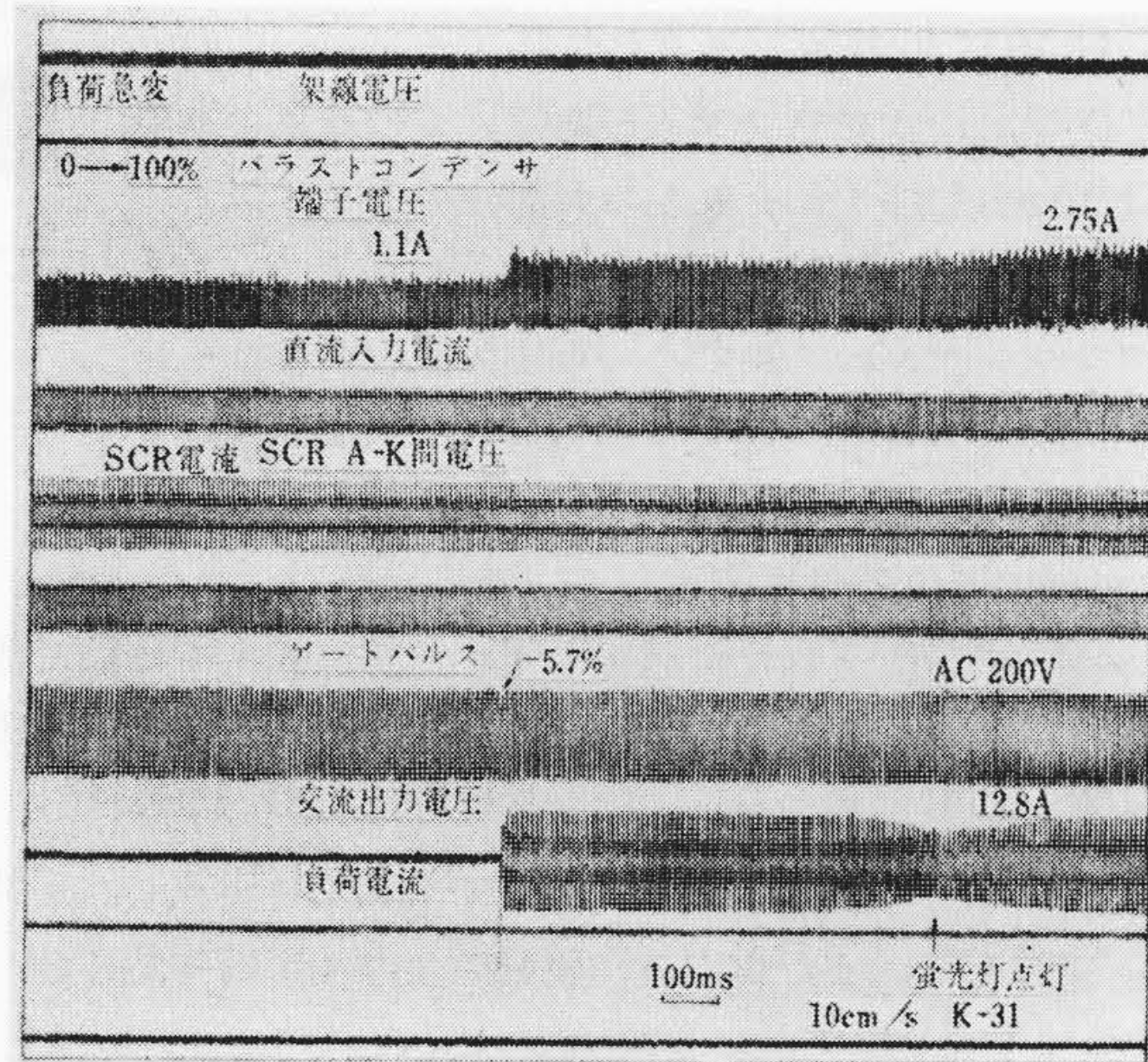


図6 負荷急変試験

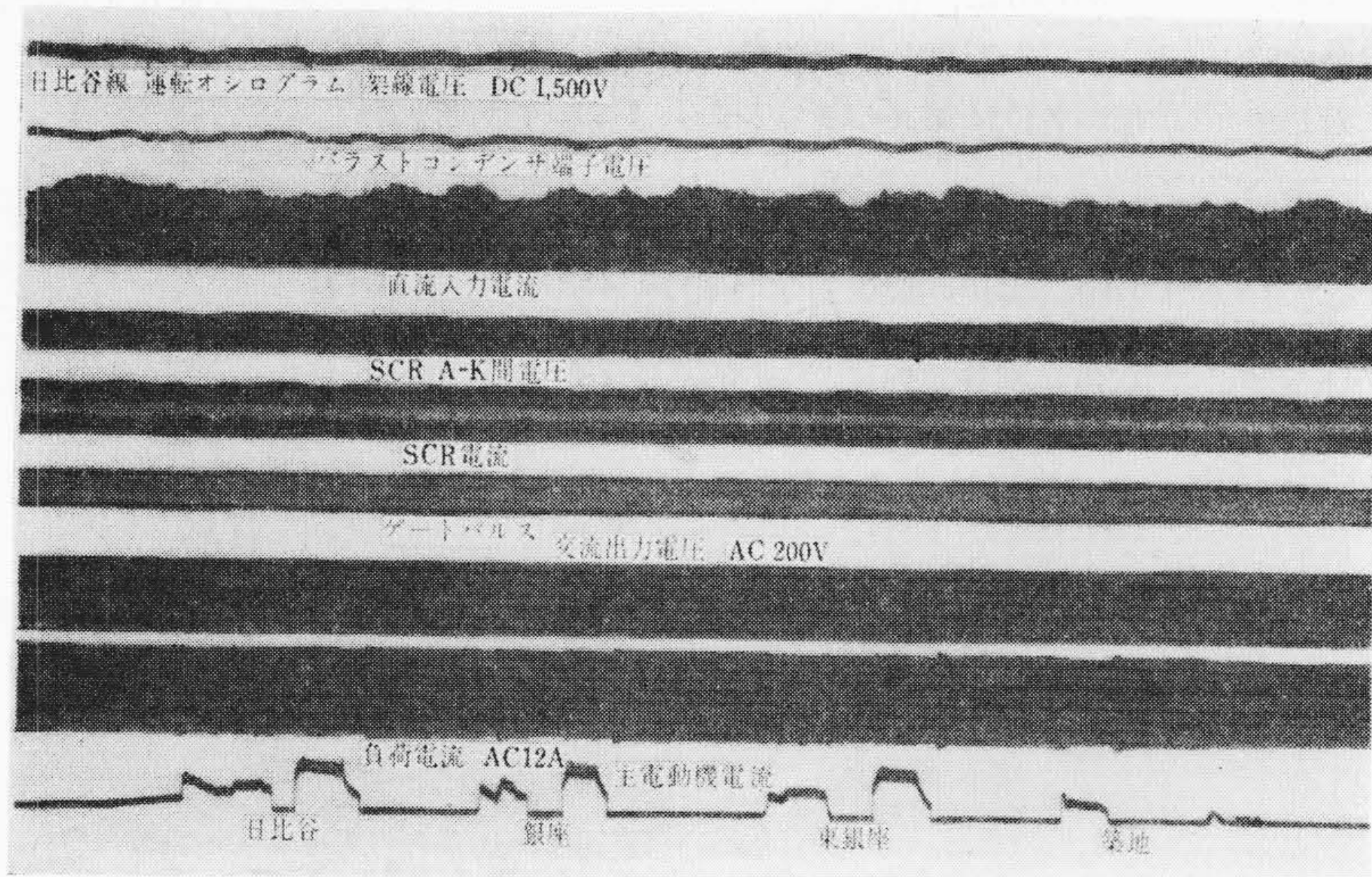


図5 走行試験オシログラム

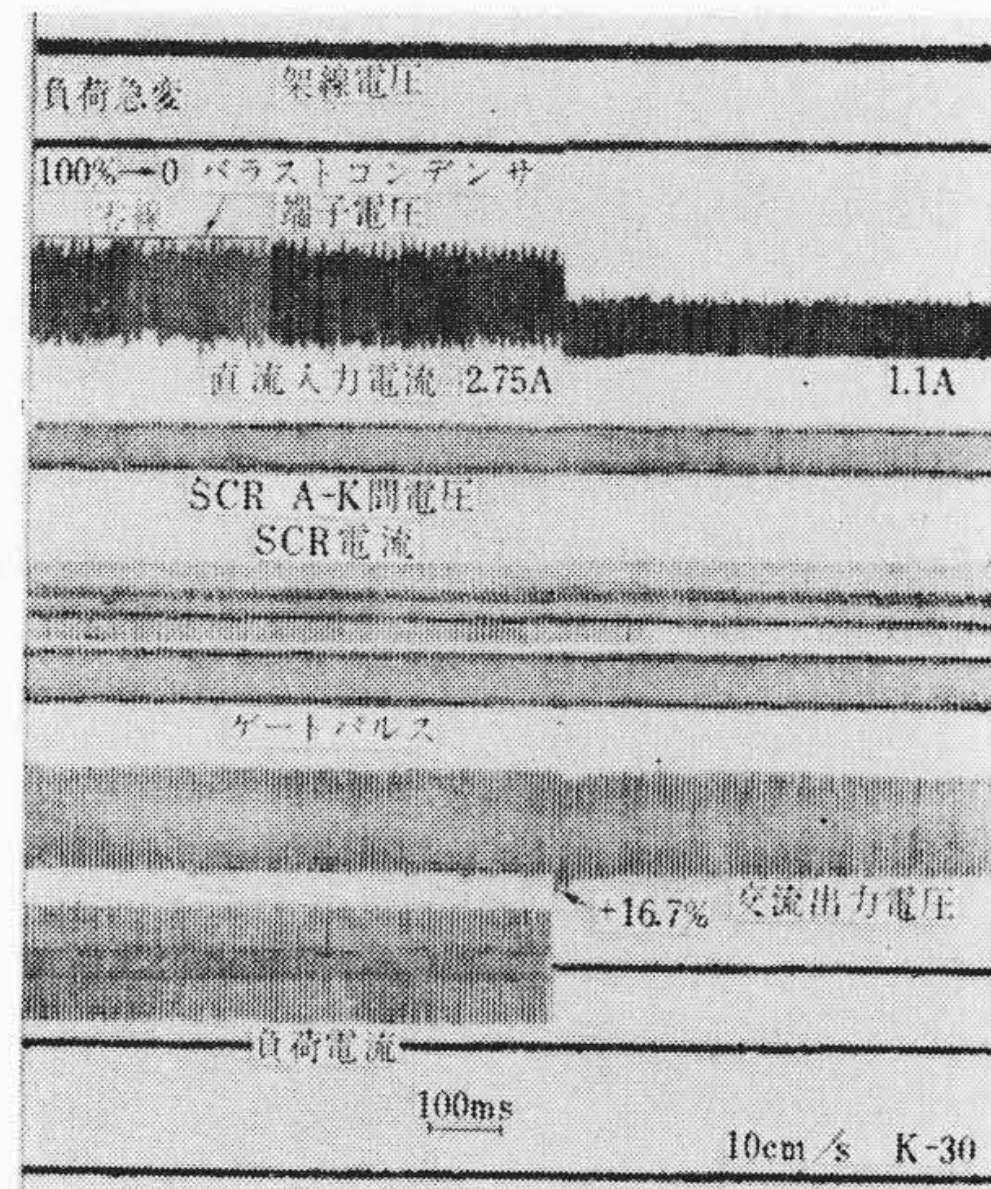


図7 負荷急変試験

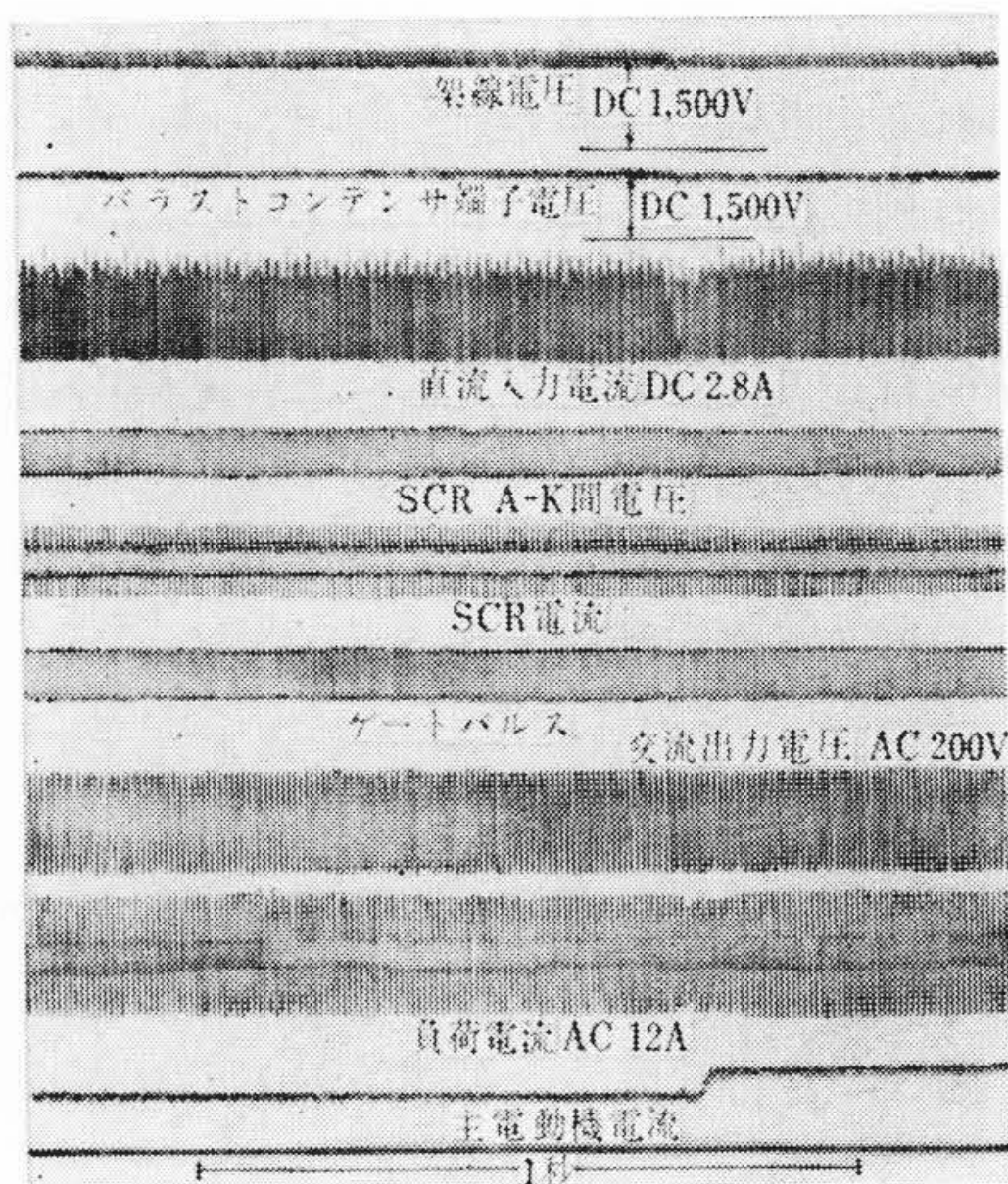


図8 主電動機投入試験

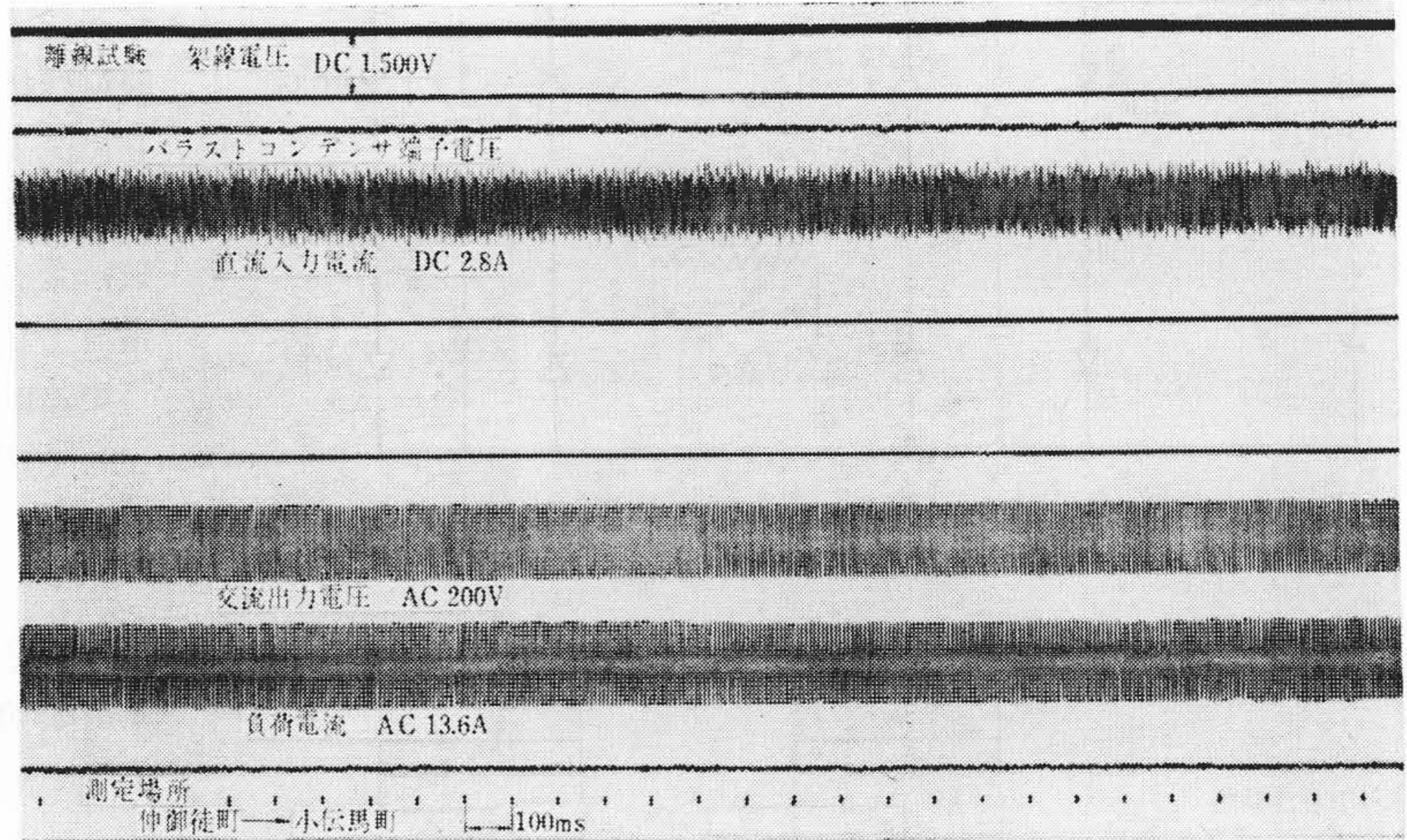


図9 複数バンドグラフ集電による離線試験

圧の変化を図8に示す。直流入力側に設けられたコンデンサ C_B の効果と定電圧装置の速応性によって出力電圧の変化は比較的小さい。したがって蛍光灯による車内照明に対する実用的障害は小さい。

4.3 離線試験

3個のバンドグラフを共通母線にて接続した状態での集電部および各部の電圧を示したのが図9である。このように複数個のバンドグラフにて集電する場合には実質的な離線による電圧喪失は存在しないと考えてよいと思われる。図10は単独バンドグラフにてインバータのみに給電した場合のオシログラムである。この結果より離線時間は40ms以下で、そのうち大部分が10ms以下である。このようにひん繁な離線にもかかわらず、直流入力側のコンデンサ C_B の効果と定電圧装置の速応性によって、出力側に大きな変動をもたらさず、安定に運転を継続できた。

4.4 外部に与える障害測定

トンネル内に並置された電話線に対する誘導障害について測定を実施した。その結果電動発電機方式との差は認められず、有害な障害は発生していない。

ATC、B形車警に与える影響についても測定を実施したが特に問題ないと思われる。また車内放送設備に及ぼす影響も特に認められなかった。

4.5 外来雑音に対する強度確認試験

車上に設けられた遮断器の開閉時の雑音をはじめ、種々の外来雑音がある。誘導障害を受けやすいゲート制御回路は大信号駆動回路の採用とシールドに細心の注意をはらったので、外来雑音に対してきわめて安定であることが確認できた。

5. 結 言

帝都高速度交通営団日比谷線にて実施した走行試験の結果ならびにその結果を基礎として製作した長期実車走行試験用12kVAイン

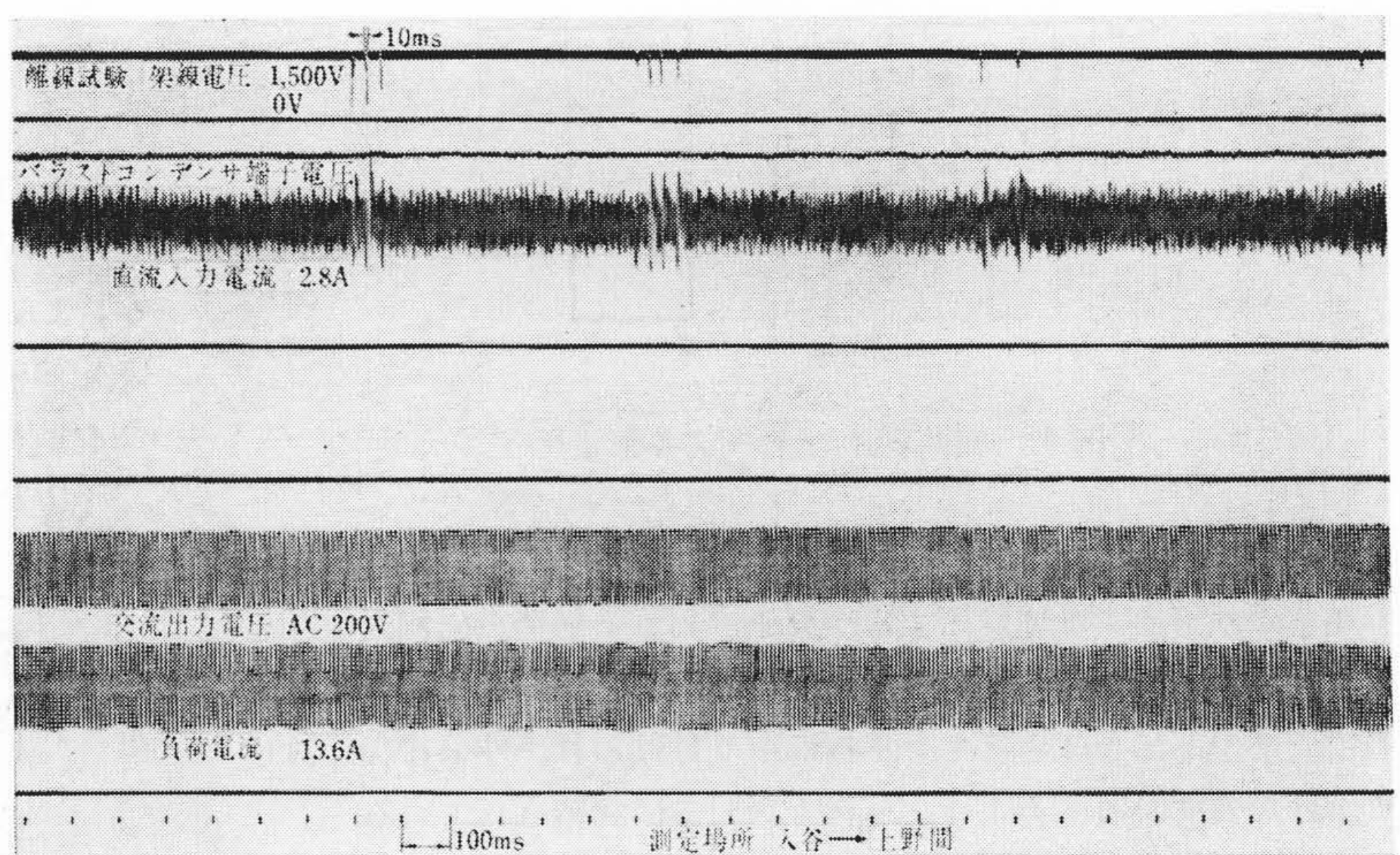


図10 単独バンドグラフ集電による離線試験

バータについて紹介した。

今回の試作は電動発電機の代替品として同一仕様にて製作されたものであるがインバータは電動発電機とは異なり、負荷との関連において最も適した方式を採用すべきものと考えられる。サイリスタの耐圧とターンオフ特性は絶えず向上を続けているので、回路方式の検討によって近い将来広く採用されるものと考えられる。また車両用高圧インバータはこのような車内照明、制御回路に給電するものばかりでなく、直流機関車の暖房用電源としても採用されるであろう。

終わりに、補助電源用インバータの実車走行試験にご便宜をはかっていただき、また終始ご指導いただいた帝都高速度交通営団車両部の各位に深甚の謝意を表わすものである。

参 考 文 献

- (1) 上田, 前田: 日立評論 46, 556 (昭39-3)
- (2) 前島: 日立評論 47, 1896 (昭40-12)
- (3) 刈谷, 堀江: 日立評論 48, 480 (昭41-4)
- (4) 前島, 中村: 昭和41年度電気四学会連合大会 572