

電気車輛駆動方式の発達

Development of Systems of Drive for Electric Cars and Locomotives

平 田 憲 一* 村 田 師 男**
Ken'ichi Hirata Norio Murata

油 井 兄 朝*** 有 井 英 俊****
Shigetomo Yui Hidetoshi Arai

内 容 梗 概

電気鉄道が誕生して以来今日に至るまで、世界各国における電車および電気機関車の駆動方式がいかなる過程を経て発達してきたかについて述べ、今までに実施された各種の駆動方式を分類して一覧表を作成した。次に電気車輛駆動方式として具備すべき必要条件をあげ、各方式の適用範囲について考察した。最後に日立製作所における実施例として、直角カルダン軸式、平行カルダン軸式および内バネならびに外バネ・クイル式駆動装置について述べてある。

1. 緒 言

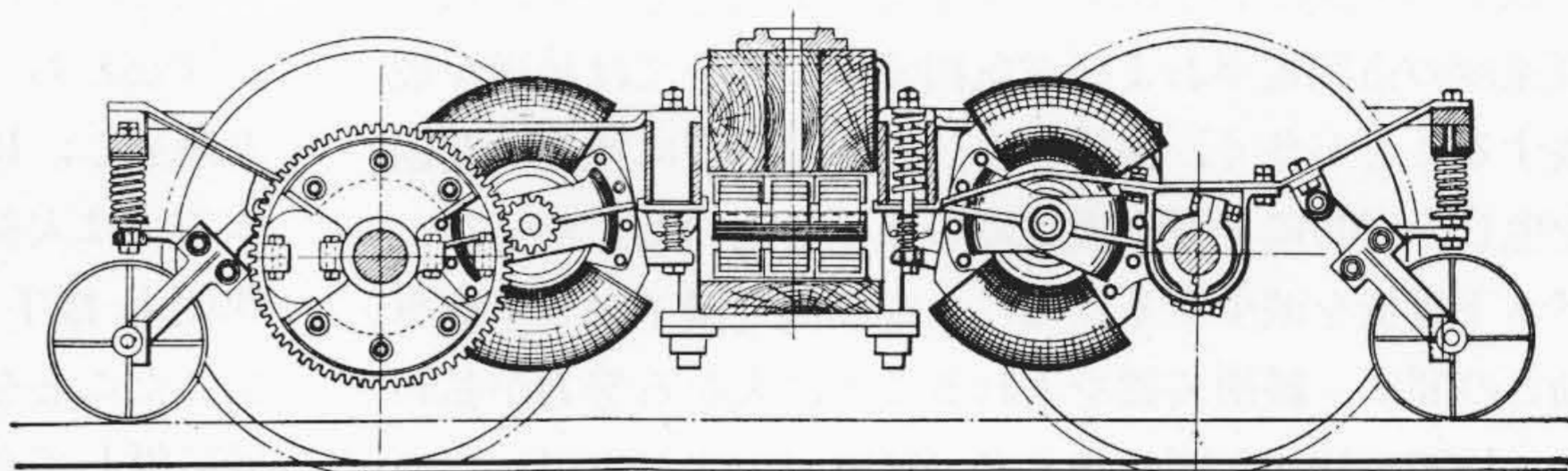
第二次大戦後、わが国の電気車輛は、電車および電気機関車とも高速、快適、経済の三条件を満足すべく電気部分および機械部分に多くの改良が加えられ、長足の進歩を遂げた。特に駆動方式においてはここ数年間、各種の台車装架可撓駆動方式が実用せられた結果まったく面目を一新し、走行特性は著しく向上して、ついに145 km/hなる狭軌における世界最高速度記録の樹立をみるに至つた。今後とも高性能電気車輛の発達の上において、駆動方式は特に重要な役割をつとめるものと考えられる。すでにこれに関する二、三の総合報告的発表^{(1)~(9)}もあるが、本文においてはこの機会に別の見地より、欧米各国における電気車輛駆動方式の歴史的発達とその動向について述べ、次に日立製作所において現用している実例の二、三を紹介して、読者の御参考に供したい。

2. 欧米における電気車輛駆動方式の発達

電気鉄道発達の跡をたどるとき、駆動方式に対して非常な苦心が払われたことが認められる。主電動機とその駆動装置とは密接な関係があり、両者相より相助けて今日の状態まで発達してきたのであるが、初期より各種の方式が試みられ、今日においてもいまだに多くの研究問題が残されている。以下電気車輛駆動方式の歴史的発達について概説する。

2.1 1880~1910年

電車および電気機関車の発達の初期、1885年ごろまでは主電動機は容量も小さく、大部分は床上に設置せら



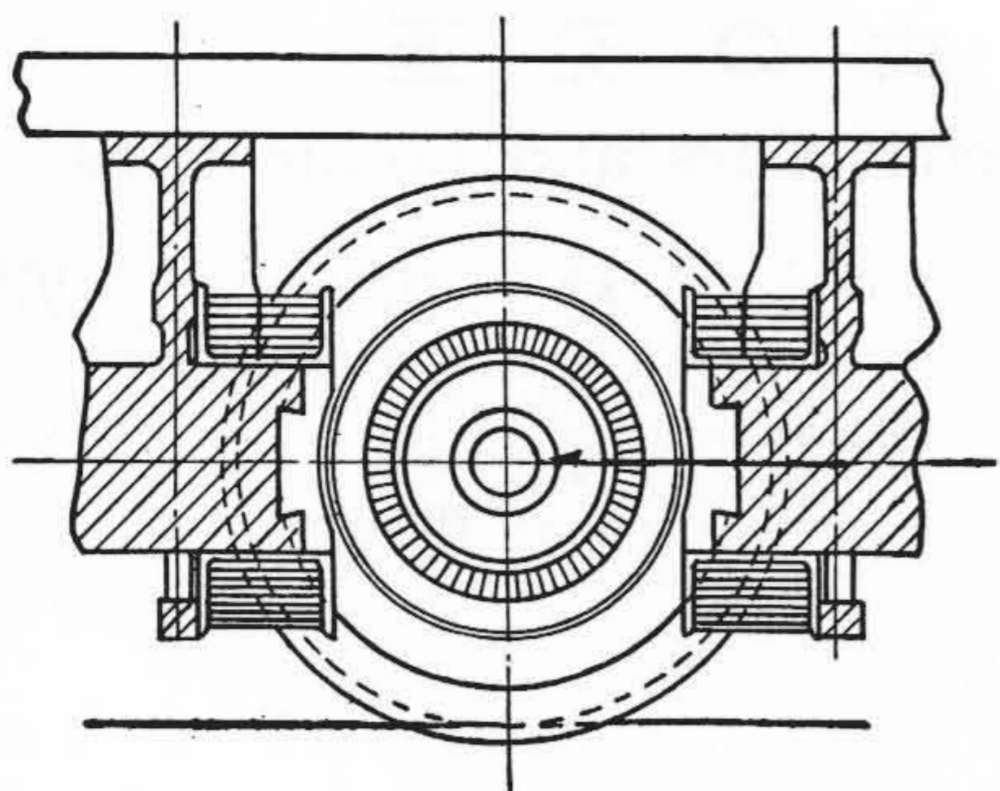
第1図 Sprague 釣掛式駆動方式原型 (1885)

れ、駆動方式は最も素朴なスパーおよびベベル・ギヤ、ロープまたはチェーンなどによるものであつたが、軸重は軽く、走行速度も低く、なんらの問題はなかつた。しかるに車輛、したがつて主電動機が大きくなるにつれて、主電動機を床下に置くことが必要となり、各種の主電動機床下支持方式の研究が行われた。

1885年、米人 F. J. Sprague 氏は 3-point "wheelbarrow" geared suspension と称する方式(第1図)を創案した。主電動機的一端は動軸上の2点においてささえられ、電機子軸と動軸とが平行になるようにし、他端を、上下に動き得るように、可撓的に台枠に支持した。これが今日の釣掛式駆動方式の原型である。この試作品は1885年 New York の Durant 精糖工場の試験線において予備試験を行い、翌1886年、New York Elevated R. R. の営業線で8箇月間実用し、その経験により1888年 Sprague 氏は本方式を劃期的といわれる Richmond の電車に実施した。これが実用的釣掛式駆動方式の最初であると考えられる。本方式は後に改良せられ、1891年今日の一段減速釣掛式に近い方式が確立された。

また1889年 London 地下鉄に無歯車式動軸直接装架電動機式が出現した。本方式は電機子、界磁ならびに主枠ともに直接動軸上に装架されるものであつたが、のち1905年 GE の Batchelder 氏はこれを改良して台枠の一部を磁気回路としてこれに界磁を組込むいわゆる Batchelder 方式(第2図)を開発した。

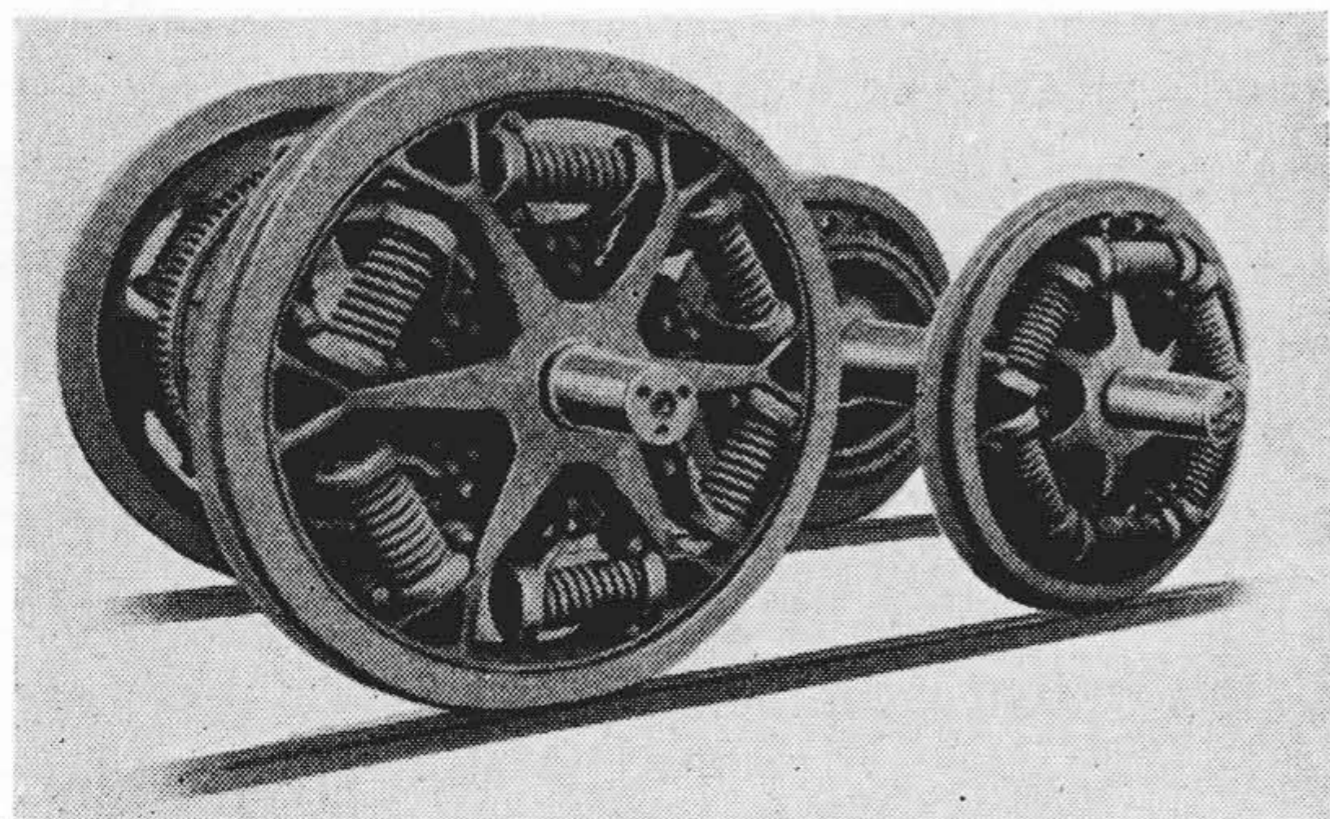
* 日立製作所水戸工場 工博
** 日立製作所笠戸工場
*** 日立製作所水戸工場
**** 日立製作所日立工場



第2図 GE-Batchelder 無歯車動軸直接装架
電動機式駆動方式 (1905)

以上の方式はいずれもバネ下荷重が大きいので、特に高速度の市間電車および電気機関車においては軌道を破壊することが多く、線路および道床の保守に種々の問題を生じ、同時に主電動機故障の原因となつた。かくしてバネ下重量を減少するために主電動機電機子軸と車輪車軸との間に、緩衝装置を入れることに大なる努力が払われ、1890~1910年間に多くの可撓駆動方式が出現したのである。

まず1895年 WH は Baltimore & Ohio R. R. の電気機関車に無歯車式ゴム・クイル方式を実施した。ついで1900~3年, ganz は無歯車式リンク・クイル方式を、また1902~7年 SSW, AEG, WH らは無歯車式ゴムおよびバネ・クイル方式を開発し、ついで1909年 WH は N. Y. N. H. & H. R. R. に歯車式固定バネ・クイル方式(第3図)を実施した。Sécheron のバネ・クイル式もほぼ同様の方式である。本方式は大歯車を固定したクイルを主電動機に支持せしめ、動軸はその中を貫通し、大歯車の腕と輪心スポークとの間に装着したバネの変位により可撓的に動き得るように十分な間隙を与えたものであるが、バネは回転力のほかにクイルと輪心間の相対変位および遠心力に基く苛酷なひずみを受け、折損事故がかなりあつた。本方式は後に改良せられ、摺り板を有



第3図 WH 固定バネ・クイル式駆動方式 (1909)

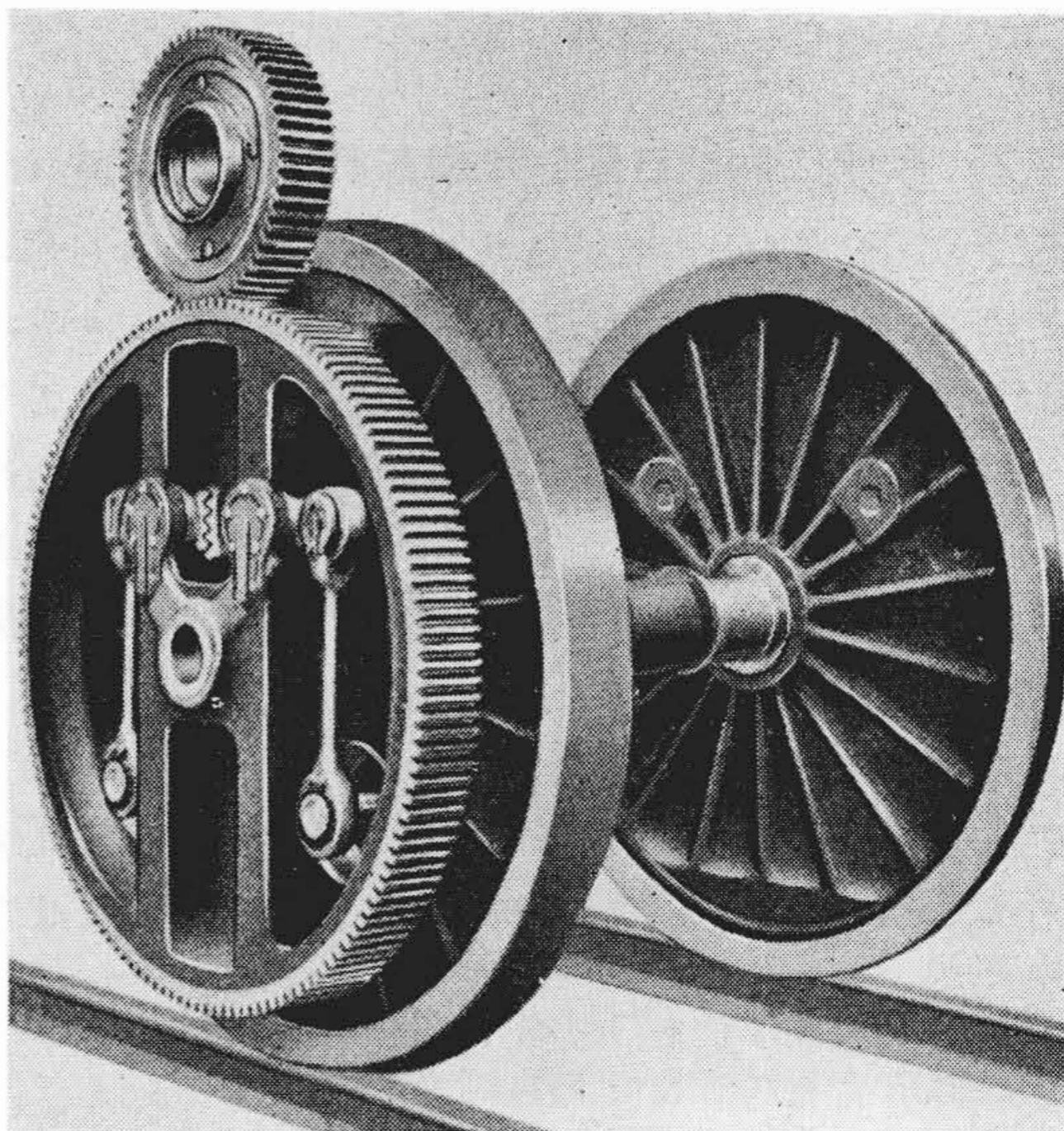
するバネ・カップ式となつた。

2.2 1910~1920年

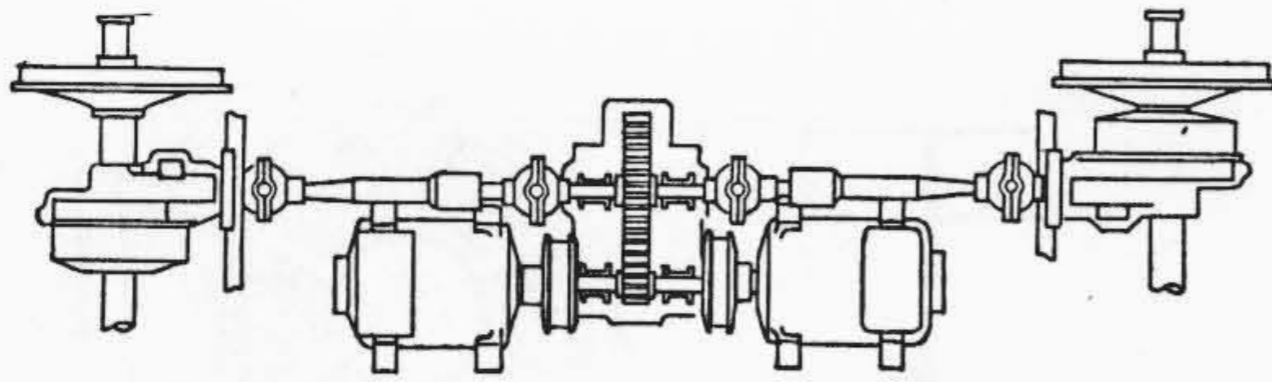
1900~15年交流電化の発達とともに、主としてドイツ、スイス、イタリアおよびスウェーデンなどにおいて、集合式駆動方式が発達し、連結棒側桿式が多く採用された。本方式は床上に設置した1個または2個の大型主電動機の回転力を蒸気機関車のように連結棒によつて、側桿で連結された動輪に伝達するもので、ジャック軸を用いたものが多い。構造上特定の速度において共振を生じやすく、クランク、連結棒などに大なるひずみを生じて破壊することがあり、特に精密なる工作および調整と給油そのほか保守の手数を必要とした。そのため各国とも保守に手数を要することの少ない単独式可撓駆動方式の研究に力を注いだ。

すなわち1915~20年, BBC は Buchli 式(第4図)を開発し、1922年最初に SBB の電気機関車に実施した。本方式は大歯車を動輪の外側におき、大歯車と動輪とを Buchli 接手と称する一種の可撓リンク接手によつて連結したことを特長とするもので、台枠間の全幅を主電動機に対して有効に利用しようという利益はあるが、摩耗部分が多く潤滑に手数を要するため、次第に用いられなくなつた。

また WH は1920年前述の固定バネ・クイル式を改良してバネ・カップ式を開発した。本方式の特長とするところは、車軸とクイルとの間の相対変位がクイルの腕に装着されたバネ・カップと輪心スポーク側面の摺り板との摺動面において行われるようにし、バネに無理がかからないようにしたことにある。後の AEG のバネ・カップ式も同様の方式である。本方式は近年に至るまで高



第4図 Buchli リンク式駆動方式 (1922)



第5図 Albrecht-Krupp 直角カルダン軸式
駆動方式原型 (1921)

速電気機関車用として欧米とも最も多く用いられた。

2.3 1920~1930年

路面電車には前述の Sprague 氏の開発した釣掛式が多く用いられていたが、バネ下重量の大なることに起因する欠陥が認識せられ、振動、騒音減少のほか、軽量化、高加速による表定速度上昇を目的として、1920年以降まずドイツおよびフランス、次いでアメリカにおいて各種の可撓駆動方式が発達した。

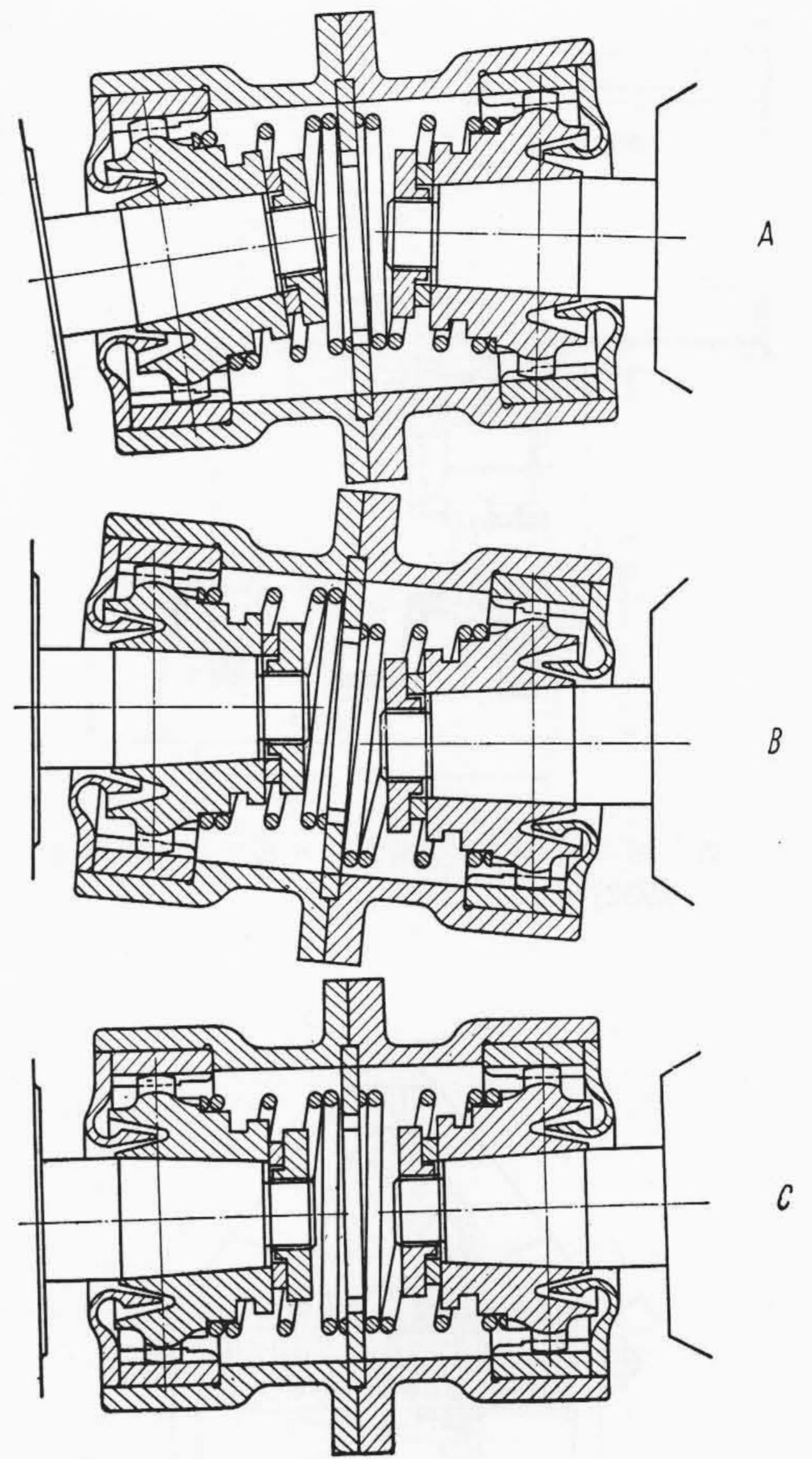
いわゆる直角カルダン軸式を初めて電気車輛に適用したのは、1918年ドイツ Dortmund 鉄道の Albrecht 氏が特許を得て、1921年 Krupp 製試作車に使用したのが最初であると考えられる。車体装架式で2個電動機が1個のスパーク・ギヤを駆動し、その両側にあるカルダン軸がそれぞれ自在接手とスパークおよびベベル・ギヤによつて動軸を駆動する方式(第5図)であつた。好成績のため改良型が25輛増備された。

次いで1921年、パリー市電においてほぼ現在の方式に近いベベル・ギヤ1段減速カルダン軸式の試作車が運転せられて好成績を収め、1923~26年間に475輛が増備された。

しかし当時はいずれも800rpm程度の低速電動機を使用したため、軽量化の目的は十分達し得なかつたのであるが、1929年に至り Sécheron によつて、1,800rpmの高速電動機を用いたスパークおよびベベル・ギヤ・カルダン軸式電車が製作せられ、欧州各都市に使用された。

一方アメリカにおいては、1926年 Springfield 市電の W.L. Harwood および Chicago & Joliet 電鉄の J.R. Blackhall 両氏により、ウォーム・ギヤ・カルダン軸式の電車が試作され、1927年より運転を開始した。この試験車はいずれも高速電動機を使用し、自動車の方式をかなり採り入れたもので、電車の設計において一新時代を劃したものとされている。さらに1929年スパイラル・ベベル・ギヤ・カルダン軸式が初めてアメリカにも出現した。

また一方1925年いわゆるWN式の原型が Wheeling Traction Co. に出現した。本方式は主電動機軸と“gear unit”のピニオン軸とを可撓接手で連結したもので、各種の可撓接手について研究が行われた。高速電動機に対しては最初は2段減速が必要と考えられていたが、後に



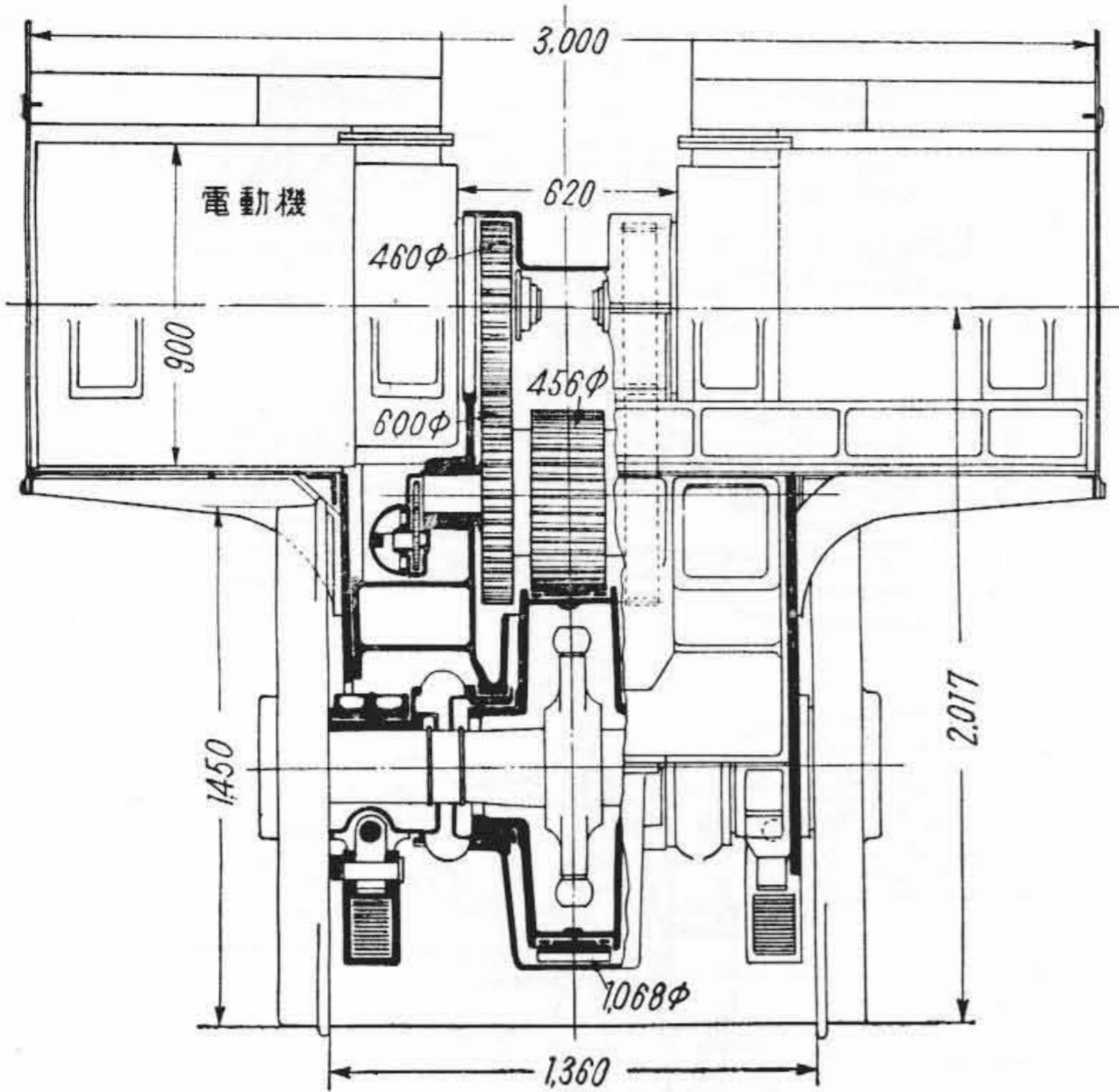
A: 両軸角変位状態
B: 両軸平行変位状態
C: 両軸無変位状態

第6図 WN 内外歯車接手

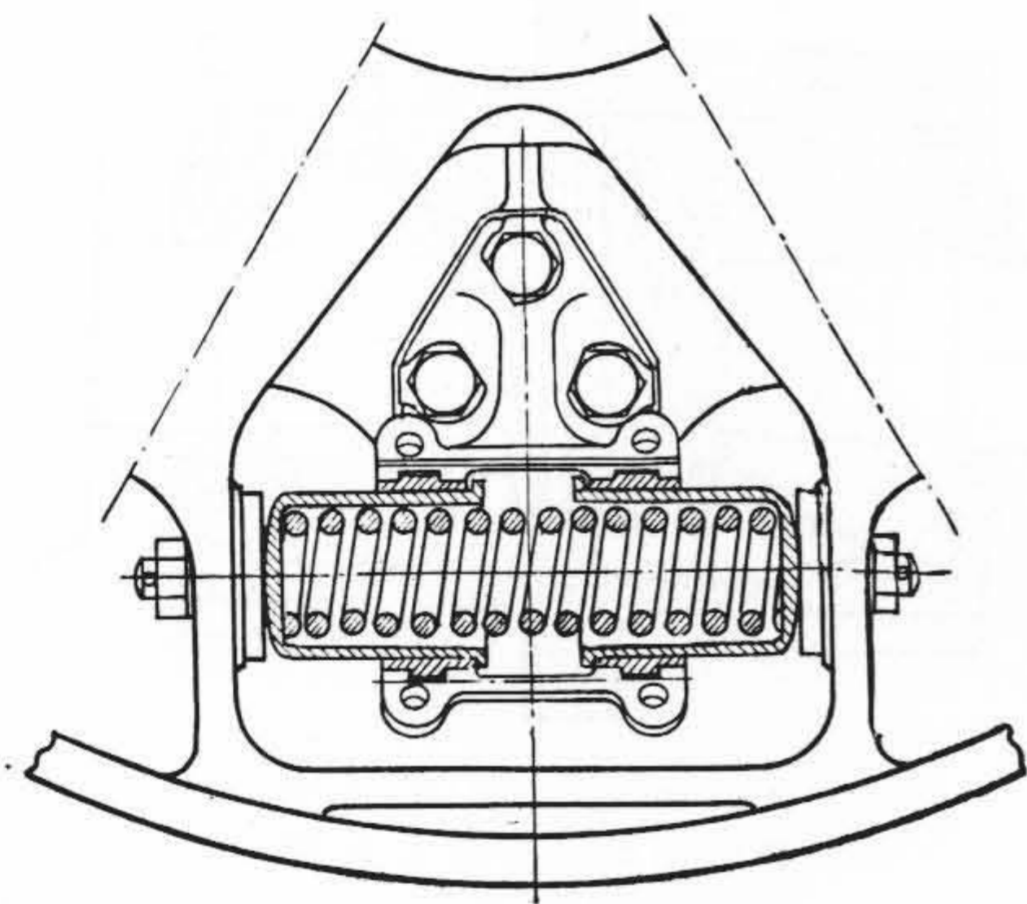
1段減速となり、また可撓接手としてはいわゆる内外歯車接手(第6図)が用いられるようになった。

さらに理想的の高性能路面電車を得べく、1929年暮、Dr. Thomas Conway を委員長として P.C.C. が結成され、Prof. Dr. C.F. Hirshfeld 指導の下に、大学、電鉄会社、製造者の委員により研究が開始されたが、駆動装置もその重要な研究題目として採り上げられた。

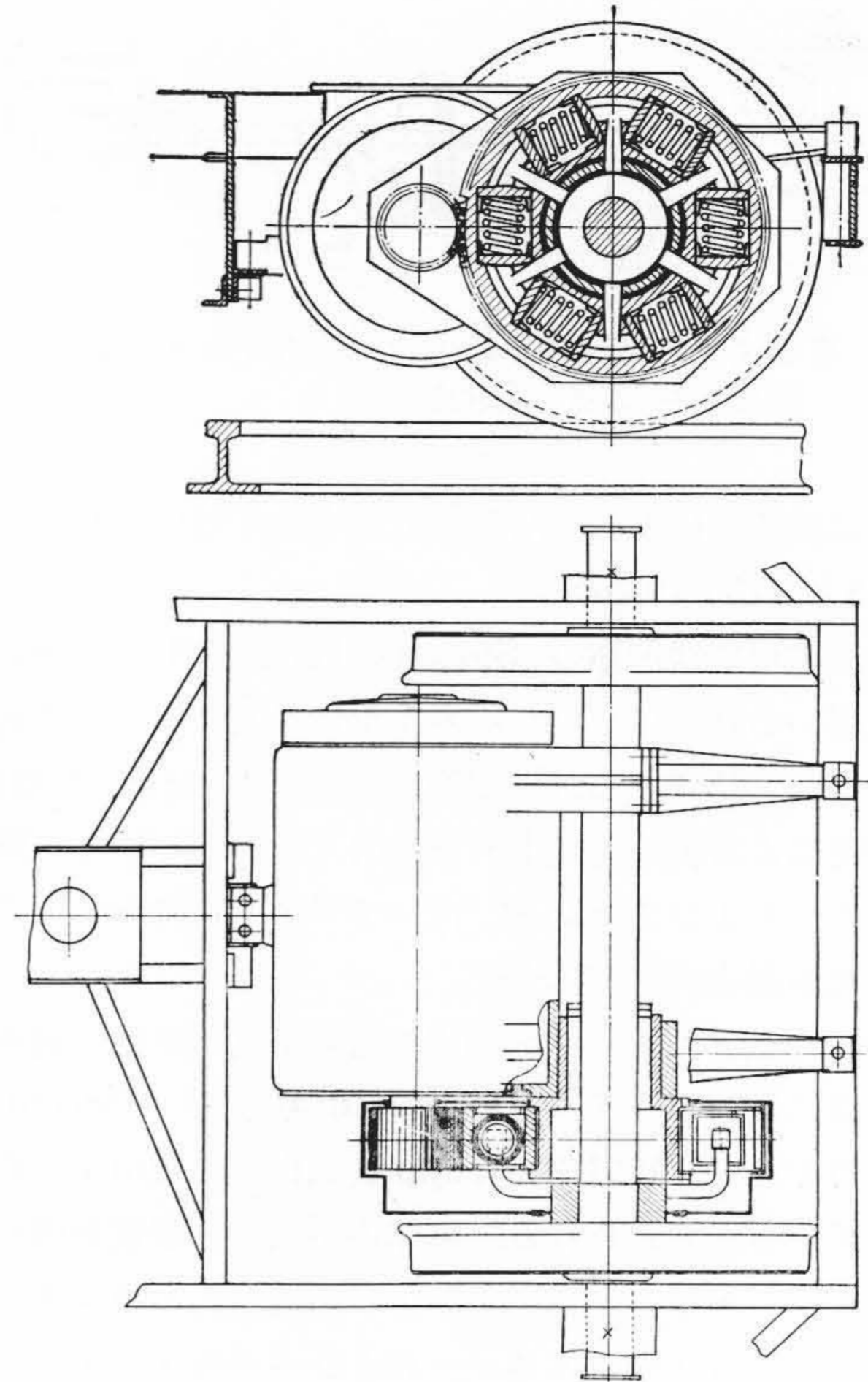
電気機関車に対しては、1925~30年間には OSSW の垂直電動機ベベル・ギヤ駆動方式、SLM の Winterthur 中空歯車自在接手駆動方式(第7図)、AEG のバネ・カップ式(第8図)など各種の可撓駆動方式が開発された。このうち SLM の方式は、一動軸をこれに平行に一直線においた2個の主電動機で駆動するもので、各電動機のピニオンは、2段減速歯車により動軸に装着された Sliding block に可撓的に取り付けられた1個の大歯車に回転力を伝える方式で、スイスの大容量電気機関車に用いられ



第 7 図 SLM 中空歯車自在接手式駆動方式 (1932)



第 8 図 AEG-Kleinow バネ・クイル式駆動方式 (1927)



第 9 図 BBC バネ・クイル式駆動方式 (1933)

一方欧州においては BBC は 1933~34年、バネ・クイル駆動方式(第 9 図)を開発した。本方式はバネ・カップ式で、固定された短いクイルの上を回転する大歯車の中に、バネ・カップを納めて、所用空間を少なくし、大歯車箱の油により、自動給油することを特長とするものである。高速電車のみならず大容量電気機関車にも採用された。またこれの変形として、後に SLM, EE など多くの可撓駆動方式が出現した。また 1936~38 年、BBC は二重クイル可撓ディスク式を開発した。回転力は歯車クイルより、これを貫く中間クイルと、その両端に装着された 2 組の可撓ディスク接手とによつて軸輪に伝えられることを特長とするものである。後の中空電機子軸式はこの方式より発達したものである。

2.5 1940~1958年

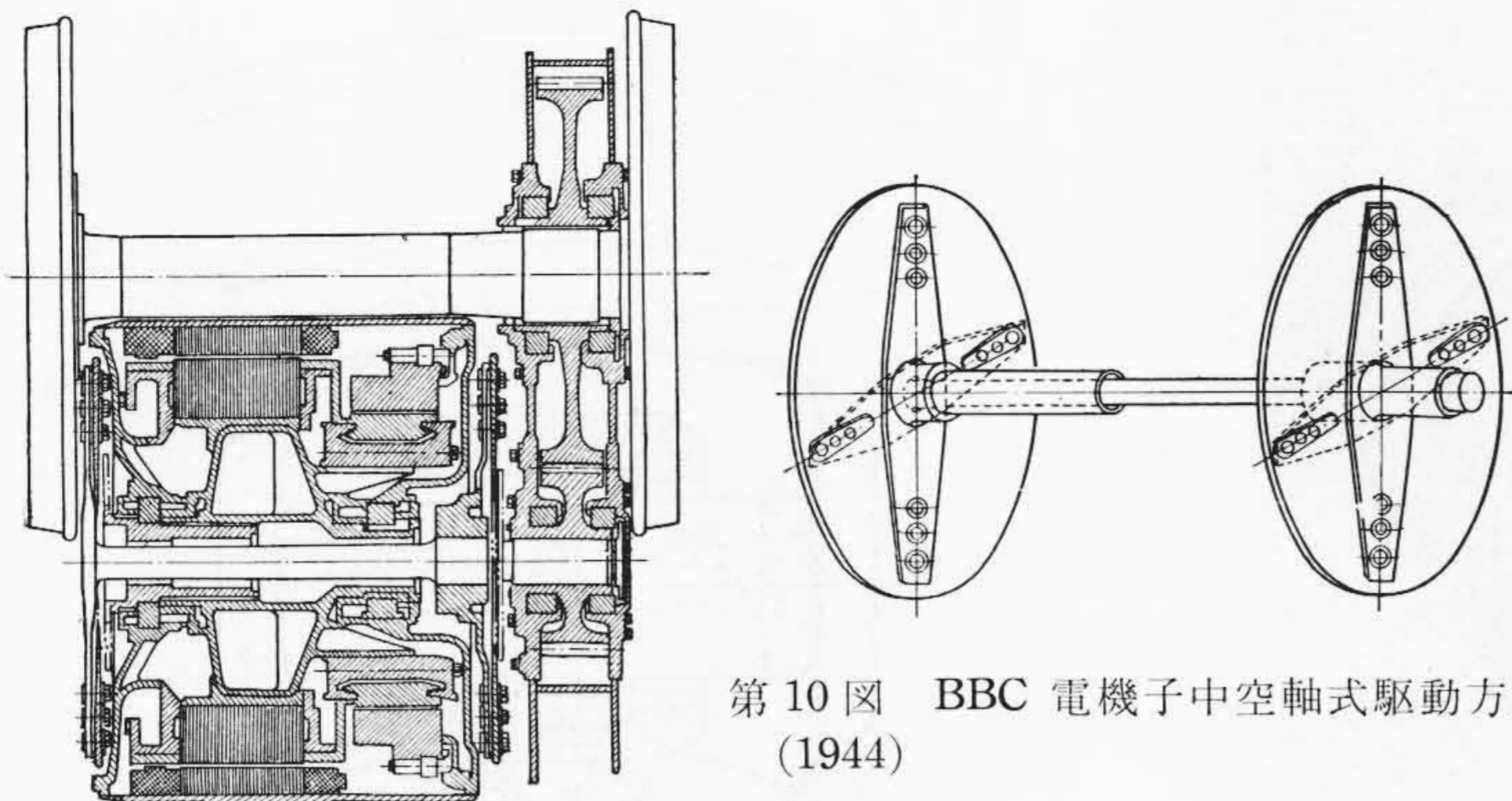
1944年 BBC は中空電機子軸式可撓ディスク接手駆動方式(第10図)を開発した。回転力は中空電機子軸より、これを貫く撓み軸と、その両端に装着された2組の可撓ディスク接手とによつて gear unit に伝えられることを特長とするものである。高速電車、大容量電気機関車ともに用いられた。本方式からは後に多くの変形が生れた。すなわち Sécheron の短冊形薄板を正方形に組合わせた可撓ブレード接手方式、その一端を自在接手とした Oerlikon 式、さらに 1955年 ASEA の開発した一端はゴ

た。

2.4 1930~1940年

1932年 C. F. Hirshfeld 教授は18箇月間にわたる P.C. C. の研究結果を Chicago の AERA において発表し、1934年路面電車に対してウォーム・ギヤ駆動式 Model A 台車およびハイポイド・ギヤ駆動式 Model B 台車の試作が行われた。その試験結果に基づき1936年にハイポイド・ギヤ・カルダン軸式駆動方式を採用した P.C.C. Car が設定されたのである。

また高速電車関係としては1934年 New York 地下鉄の BMT が軽量高性能車 "L" の試作を行い、前述のようにいわゆる内外歯車接手を使用する WN 式と、ゴム式可撓接手を用いた 1 段減速ヘリカル・ギヤ式可撓駆動方式が採用された。このようにして高速電車にも本格的に台車装架方式が採用されるに至った。

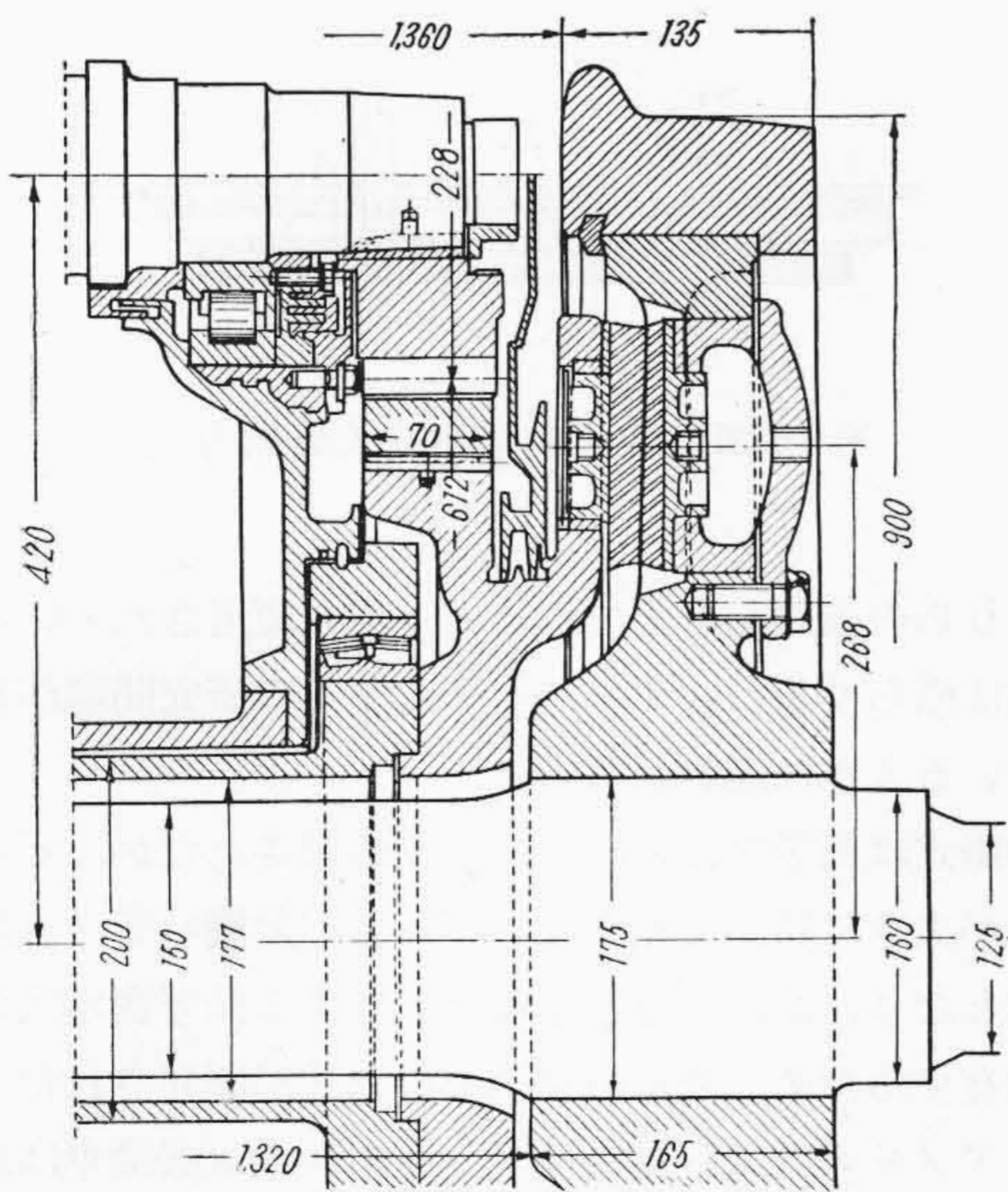


第10図 BBC 電機子中空軸式駆動方式 (1944)

ム接手, 他端は歯型接手を用いる方式などがこれである。

一方釣掛式は前述のように, バネ下重量が大なるため種々の欠陥を生じたので, これを改善した可撓釣掛式の研究が行われ, 可撓車軸受式および釣掛クイル式が出現した。特に1948年, ASEAは釣掛式ゴム・クイル方式(第11図)を開発した。本方式はクイルの腕と動輪との間に円板型防振ゴムを装着し, 主電動機回転力の伝達および車軸とクイル間の相対変位はゴム円板の剪断変位によつて与えられるようにし, 主電動機の重量は一部はゴム・クイルにより動軸上に, 他は台枠上に可撓的に支持されることを特長とするものである。したがつて動軸とクイル間の間隙を小にしうる利益がある。イタリアの高速電車 ETR 300 にはこれとほぼ同様の方式が採用された。

1951年日立製作所は高速電管用ゴム・クイル方式を試



第11図 ASEA 釣掛ゴム・クイル式駆動方式 (1948)

作した。筒型ゴムと円板型ゴムを組合わせて使用する方式(第12図)と, 円板型ゴムのみを使用する方式(第13図)とがある。

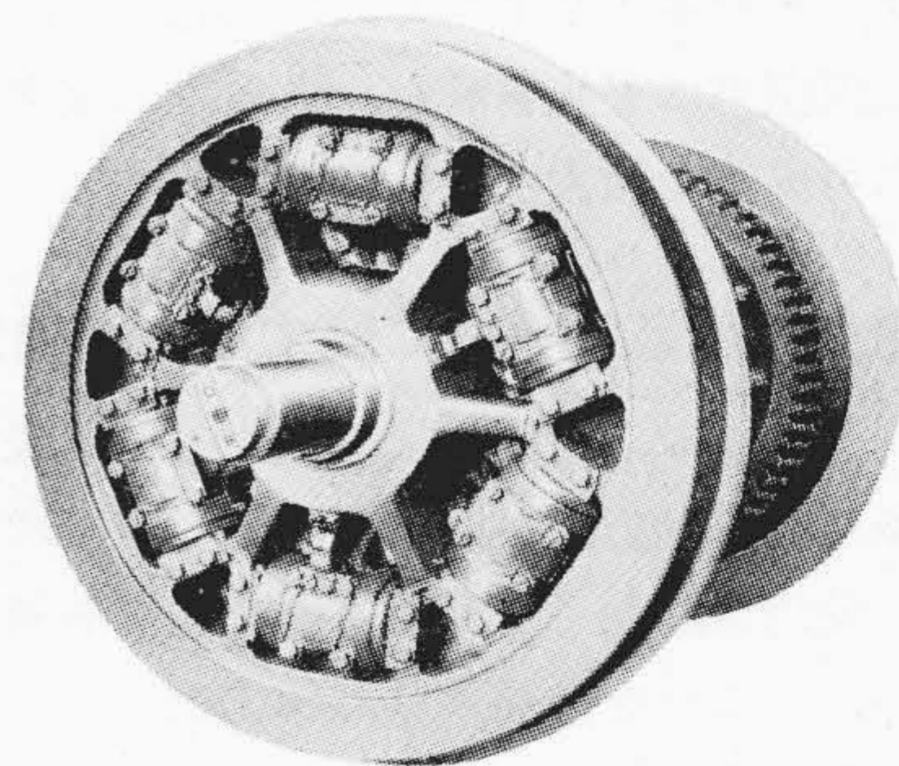
1953年SSWは電気機関車用ゴム・クイル方式(第14図)を開発した主電動機重量4t, 軸重20t, 最高速度130km/h程度を対象とするものである。リング・セクタ型防振ゴム板を環状に組合わせ, 回転方向, 上下方向および軸方向に対し可撓性を与えるようにしたもので, ゴム板の厚みを変化することにより, それぞれの方向に対する特性を制御しうる。

動輪間の空間を十分利用し, 同時に点検保守に便ならしめるため, ゴム・リングを動輪の外側におくようにしてある。

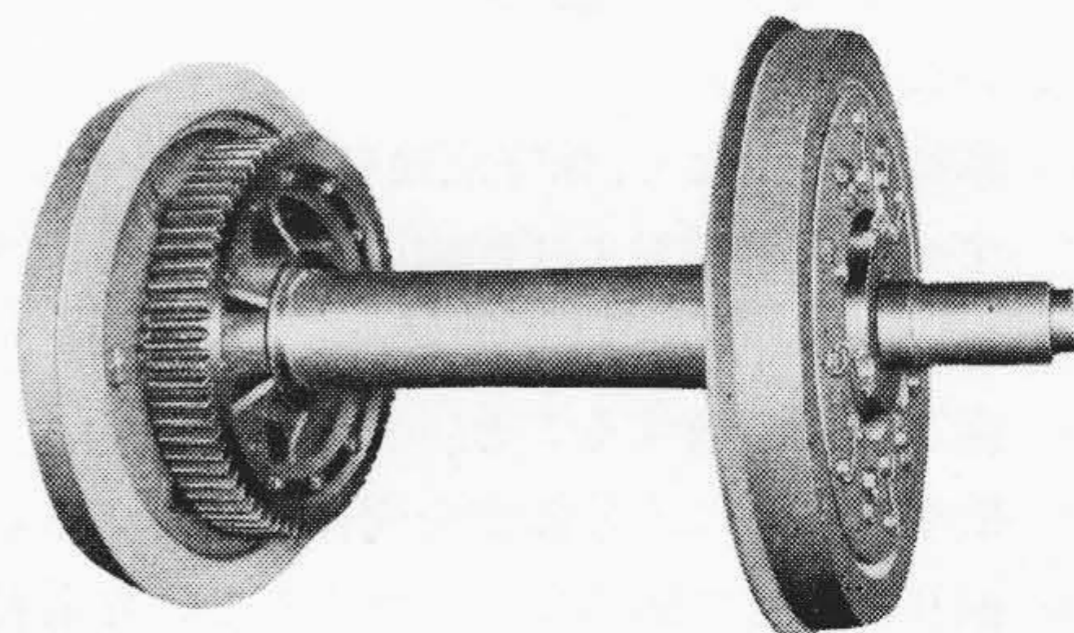
そのほか1950年以後 Pennsylvania のバネ・カップをゴムに置換した方式(第15図), DÜWAG のベベル・ギヤゴム・クイル式, Alsthom のゴム・リンク式など多くのゴム・クイル方式が発達した。

また1950年ころより欧州において中間歯車連結式駆動方式(第16図)の研究が行われた。一種の集合式駆動方式で二動軸は歯車で連結されているため, 各軸別々にすべることを防止する結果, 粘着特性を向上しうる効果がある。

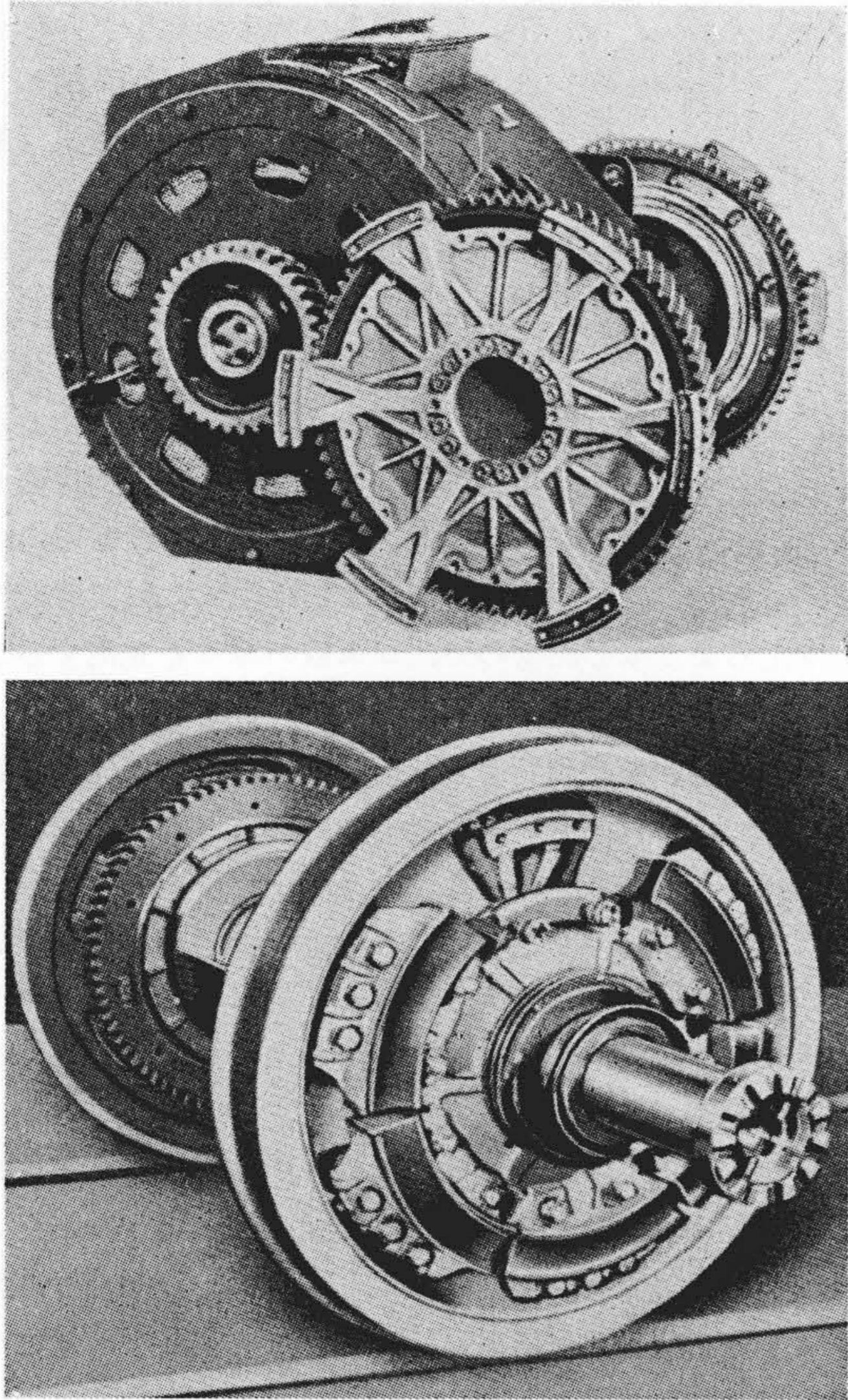
1953年フランス国鉄においてこれを具体化し, 中間歯



第12図 日立釣掛ゴム・クイル式駆動装置 (1951)



第13図 日立釣掛ゴム・クイル式駆動装置 (1953)



第14図 SSW 釣掛ゴム・クイル式駆動方式 (1953)

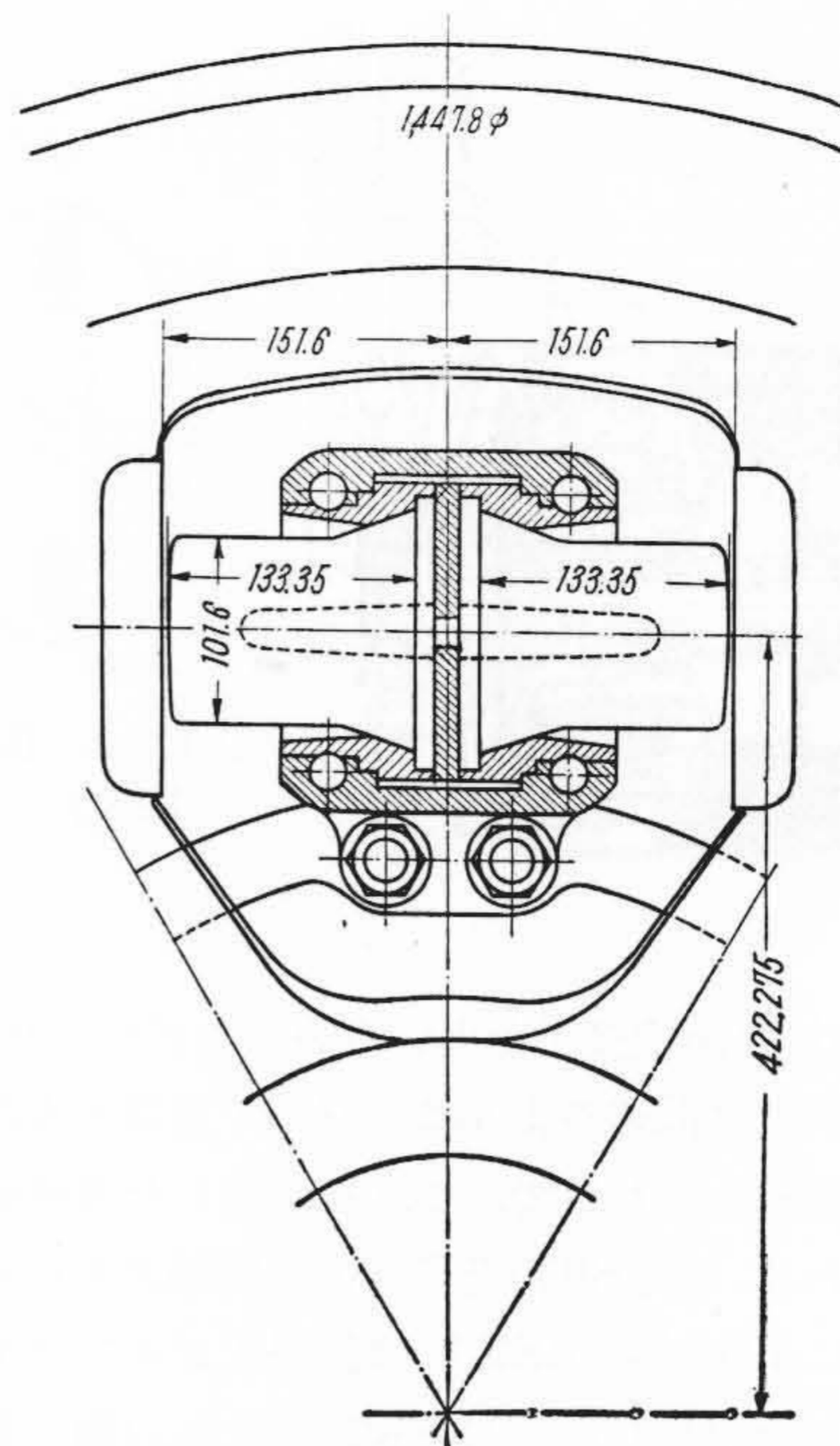
車連結式ゴム・バネ・クイル方式が開発され、高速電車および電気機関車に実施された。さらに二重クイル方式として特に可撓性を増大したものもある。

3. 電気車輛駆動方式に関する一般的考察

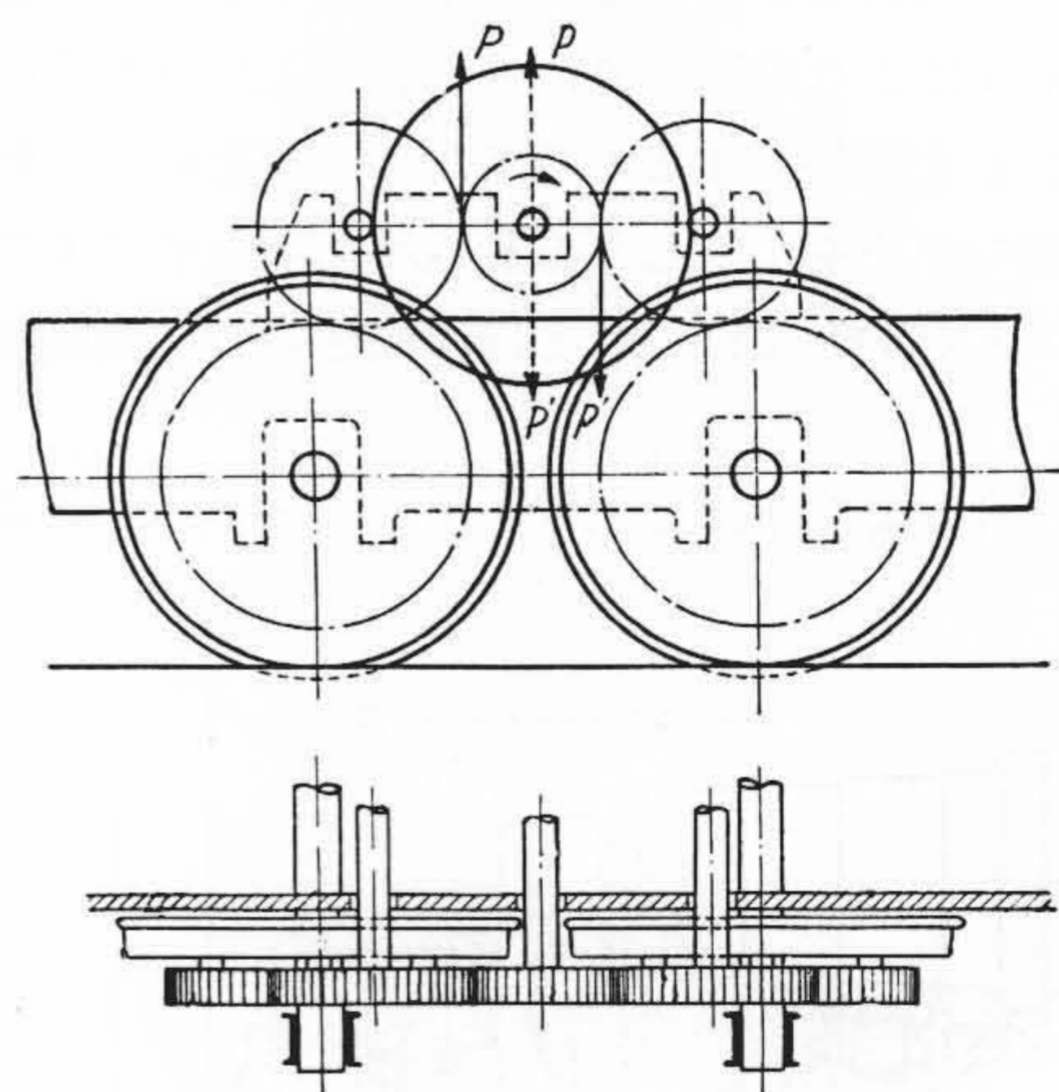
以上述べたように、電気鉄道が誕生して以来今日に至るまで、多くの駆動方式が開発された。すでに歴史的な存在となり、使用されなくなったものや説明を省略したものもあるが、今これを分類すれば第1表のようになる。

電気車輛駆動方式として具備すべき必要条件をあげれば下記のとおりである。

- (1) バネ下重量（主電動機および歯車装置を含む）の小さいこと。
- (2) 摩耗部分少なく、保守点検の手数の少ないこと。
- (3) すべての軌間および動輪径に対し適用しうること。
- (4) 高速運転に適すること。
- (5) 積空時ともに十分機能を発揮しうること。
- (6) 振りに対して適当な可撓性を有し、粘着特性に対して好影響を与えること。



第15図 Pennsylvania ゴム・クイル式駆動方式



第16図 中間歯車連結式駆動方式

これらの条件を考えてみると、現在使用されている諸方式は恐らくそのいずれにもまだ多くの研究問題が残されているように思われる。

釣掛式は簡単のために早くより使用されたが、バネ下重量が大きく軌道、道床ならびに主電動機の受ける衝撃が大となり、また車軸受摩耗などによる保守費増大の欠点を有するため、多くの可撓駆動方式が開発された。しかしアメリカの大容量高速ディーゼル電気機関車は最近においてももつぱら釣掛式が賞用せられ、その最高速度は180km/hに達している。釣掛式の経済的適用範囲は、

第 1 表 電 気 車 輛 駆 動 方 式 の 分 類

| | | | | |
|----------------------------|-----------------------|------------------------|--|--|
| 単 独 駆 動 方 式 | 無歯車動軸直接装架電動機式 | | 電機子および界磁直接装架式 電機子直接装架, 界磁台車装架式 (Batchelder 式) | |
| | 無歯車クイル直接装架電動機式 | | ゴ ム 式 バ ネ 式 リ ン ク 式 | |
| | 釣掛式 | | 1 体大歯車式 可撓大歯車式 | |
| | 可撓釣掛式 | 可撓車軸受式 釣掛クイル式 | ゴ ム 式 バ ネ 式 リ ン ク 式 | |
| | 台 車 装 架 式 | カル ダン 軸 式 | ウオーム, ベベルまたはハイボイド・ギヤ自在接手式… …(直角カルダン軸式) | |
| | | | 歯型接手またはゴム接手式……(平行カルダン軸式) | |
| | | 電機子中空軸式… (平行カルダン軸式) | 可撓ディスク接手式 可撓ブレード接手式 可撓ブレード・自在接手併用式 ゴム・歯型接手併用式 | |
| | ク イ ル 式 | 長クイル式 短クイル式 | ゴ ム 式 バ ネ 式 リ ン ク 式 可撓ディスク接手式 可撓ブレード接手式 | |
| | | 二重クイル式 | 可撓ディスク接手式 ゴ ム 式 ゴ ム ・ バ ネ 併 用 式 | |
| | 中空歯車式 | | バ ネ 式 自 在 接 手 式 | |
| リンク式 (Buchli式) | | | | |
| 車 体 装 架 式 | | | | |
| 単 独 車 輪 駆 動 式 | | | | |
| 集 合 駆 動 方 式 | 無歯車連結棒式 | | ジャック軸側棒式 側 棒 式 スコッチ・ヨーク式 リンク式(Bianchi 式) | |
| | 歯車連結棒式 | | ジャック軸側棒式 側 棒 式 スコッチ・ヨーク式 | |
| | 中間歯車連結式 | | ゴ ム 式 バ ネ 式 ゴ ム ・ バ ネ 併 用 式 | |
| | 電機子軸連結式 | | ゴ ム 式 バ ネ 式 | |

軌道および道床の強度, 車輛の軸重, 速度および走行特性により決定される。たとえばドイツ国鉄においては, 最近では軸重 20t の場合 90~100km/h 以下に限定しているようである。わが国の電気鉄道においてはこの速度はさらに低いのではないかと想像される。しかし釣掛式においても車軸受をコロ軸受とした軽量高速電動機を用い, 場合によつては可撓大歯車と併用するものとするれば, 電車および電気機関車ともかなりの経済的適用範囲があるものと考えられる。

つづいて発達したクイル式可撓駆動方式においては, 可撓性を与える手段としてゴムおよびバネならびにリンクあるいはその組合わせが用いられたが, 特に保守点検に手数のかからない方式の出現が待望された結果, 1933年自動給油式の BBC バネ・クイル式, さらに 1948~53年には, 優秀な防振ゴムの発達に伴い, ASEA, SSW そ

のほかによつてゴム・クイル方式が出現するに至つた。これらの諸方式は電気機関車および大型高速電車用として発達するものと思われる。

これと平行して1944年以降中空電機子軸駆動方式が発達した。BBC の可撓ディスク式, Sécheron の可撓ブレード式, ASEA のゴム・歯型接手併用式など一連の方式はいずれも電気機関車および高速電車用として発展するであろう。

一方路面電車用として1921年以来発達したいわゆる直角カルダン軸方式は, 特に大なる歯数比を必要とする路面電車および軽量高速電車に多く採用されるであろう。また1925年以来発達したいわゆる WN式は主として高速電車用として発展するものと思われる。

最近高速電車, 電気機関車とも次第に軽量高性能化し単位重量当りの出力が増大した結果, 粘着限度付近において使用されるものが多くなつた。したがつて駆動方式としては粘着特性に好影響を与えるものが望ましく, 同時に心皿位置を低下するほか, 軸重移動補償装置, 牽引力調整装置および多段式制御方式の併用が必要である。最近欧州特にフランスの電気機関車において賞用されている中間歯車連結式駆動方式は, 特に粘着特性を改善する必要がある場合に有効な一方式である。

以上世界各国における電気車輛駆動方式の歴史的発達について概説した。わが国において本格的に可撓駆動方式が実施されたのは1952年以後のことと各方式とも実用されて日なお浅く, 多くの研究問題が残されている。

4. 日立電気車輛用駆動装置

わが国においても1950年以後可撓駆動方式の研究がとり上げられ, 各種の方式が発達し, 特に新製高性能電車に多く採用された。その目的とするところは

- (A) バネ下重量の軽減
- (B) 振動騒音の減少
- (C) 軽量化
- (D) 高加速高減速
- (E) 主電動機の整流改善などにある。日立製作所においては, 直角カルダン軸式, 平行カルダン軸式およびクイル式駆動装置を多くの電車および電気機関車に実施した。以下これらについて述べる。

4.1 直角カルダン軸式駆動装置⁽¹⁰⁾

起動加速度および制動減速度は電気車輛の運転特性上重要な役割を占め, 一般に高加速度, 高減速度の採用によつて, 表定速度は上昇し, 電力消費量を減少しうるので経営合理化上大きな利益がある。ことに駅間距離の短い場合および路線状況により最高速度がおさえられている場合には, 表定速度を上げるためぜひとも高加速度にする必要がある⁽¹¹⁾。この見地から路面はもとより郊外

電車においても次第に高加速度が採用される傾向がみられ、日立製作所としてもこれに対処すべく、まず直角カルダン方式の駆動装置を試作し製品化することとし、第一次分として昭和27年に SPE 30K 型の直角カルダン駆動装置を路面用として完成し、KL-4型台車に装着してわが国最初の直角カルダン駆動路面電車として好成績をおさめ、名古屋市交通局が本格的に直角カルダン車を採用される気運を作った。その後の路面電車における実績は、さらに昭和32年11月開通の名古屋地下鉄電車に直角カルダンを採用する直接の動機となつている。

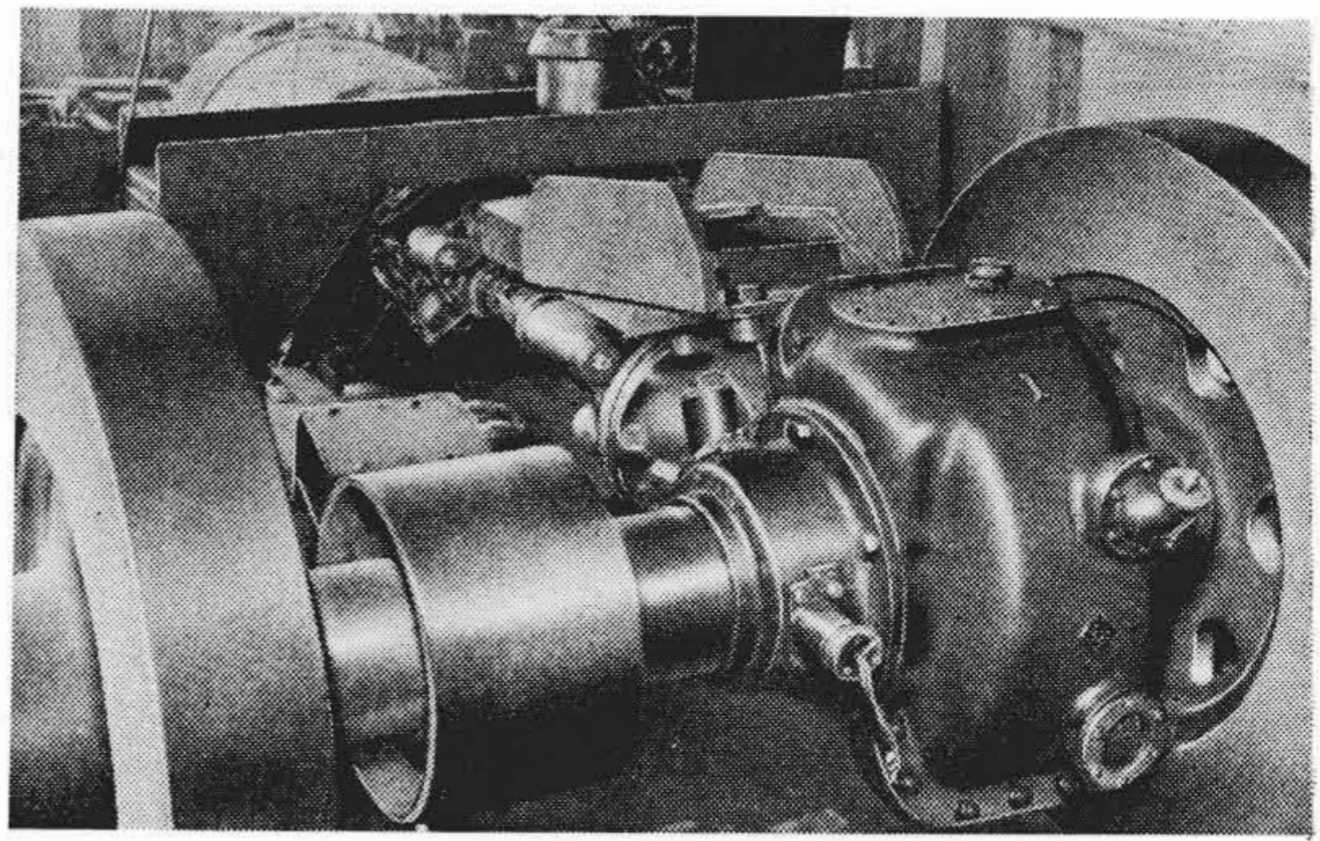
第二次としては郊外用の75kWのものを昭和29年に完成し、その試験結果と路面電車における経験を基盤として55, 75kWの直角カルダン駆動装置を製品化し、現在までに路面、郊外合せて90輛分360組を製作した。

この間工場には各種の試験装置を設置して、減速機およびカルダン軸に関する基礎研究、実物試験を実施し、日々たゆまぬ改善に努力している。第17図は試験装置の一部である。

第2表は現在までに製作されたものの諸元であつて、そのおもなものについて簡単に説明する。

4.1.1 SPE 30 K型 (第18図)

第一次製品で、捩れ歯傘歯車とはすば歯車に用いた2段減速になつている。これは歯車の信頼度、互換性を考慮して、十分実績のある自動車用捩れ歯傘歯車を使用し、これだけでは歯車比が不足なので、はすば歯車を付加したものである。捩れ歯傘歯車およびはすば小歯車はコロ軸受でささえ、はすば大歯車は車軸に圧入し、歯車箱は二つ割として平軸受で車軸をいだいている。



第17図 直角カルダン駆動装置試験装置の一部

4.1.2 SP30 K型

日立製作所川崎工場製の捩れ歯傘歯車を使用した1段減速の駆動装置で、ピニオン軸および歯車箱の軸受はすべてテーパ・コロ軸受となつている。

4.1.3 OH 30 K型(第19図)

最初は米国 P. C. C. Car に採用されているハイポイド・ギヤ(第20図)を輸入して使用したが、漸次国産化し、現在は日立製作所亀有工場製のハイポイド・ギヤを使用している。路面電車用直角カルダン装置の標準品であり、KL-8型台車に装着しているものは、ピニオン軸にドラム・ブレーキ装置をつけている。

4.1.4 OH 40 K型(第21図)

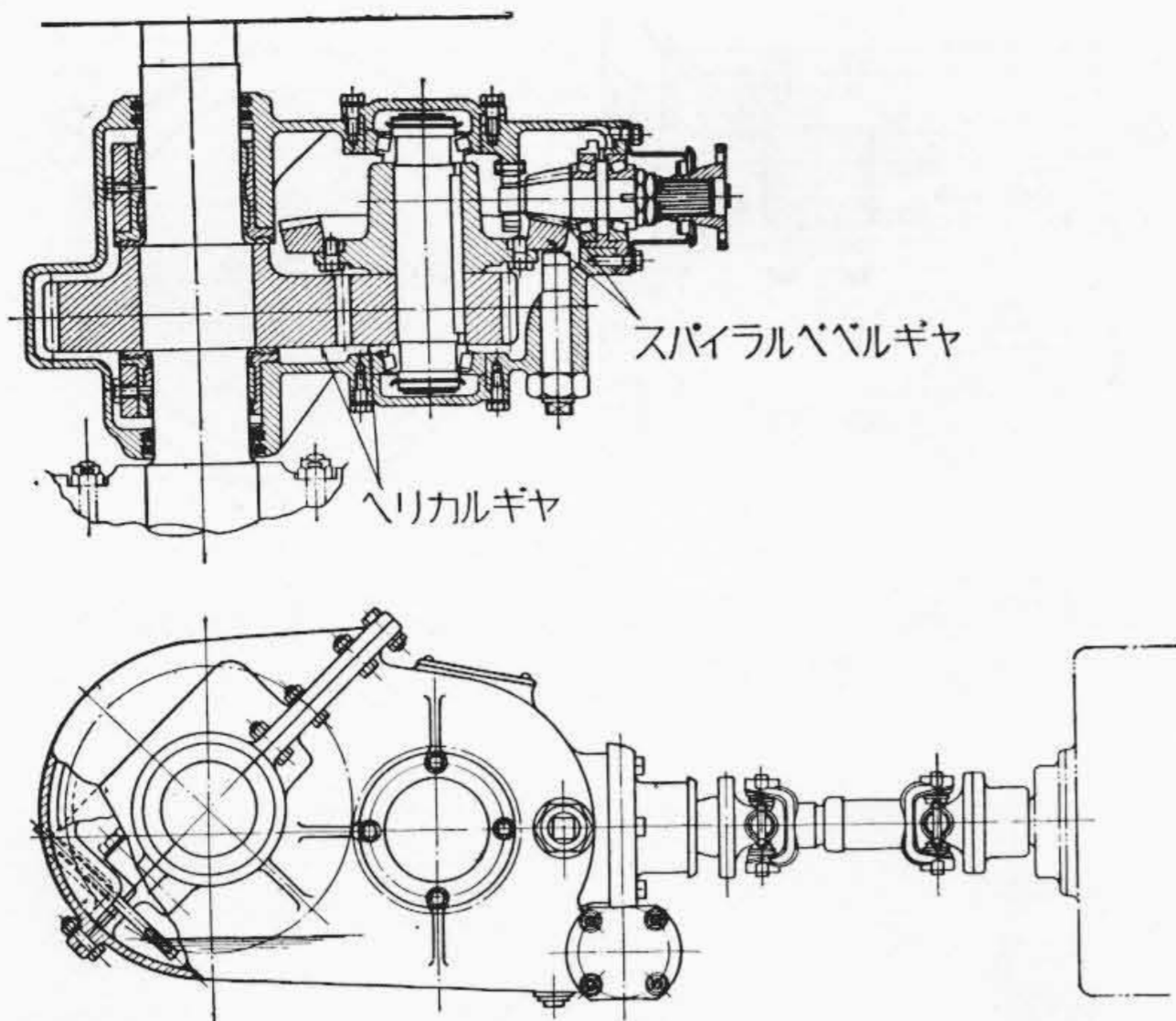
名古屋地下鉄用のものでピニオン軸にドラム・ブレーキがついている。

4.1.5 OP 75 K型(第22図)

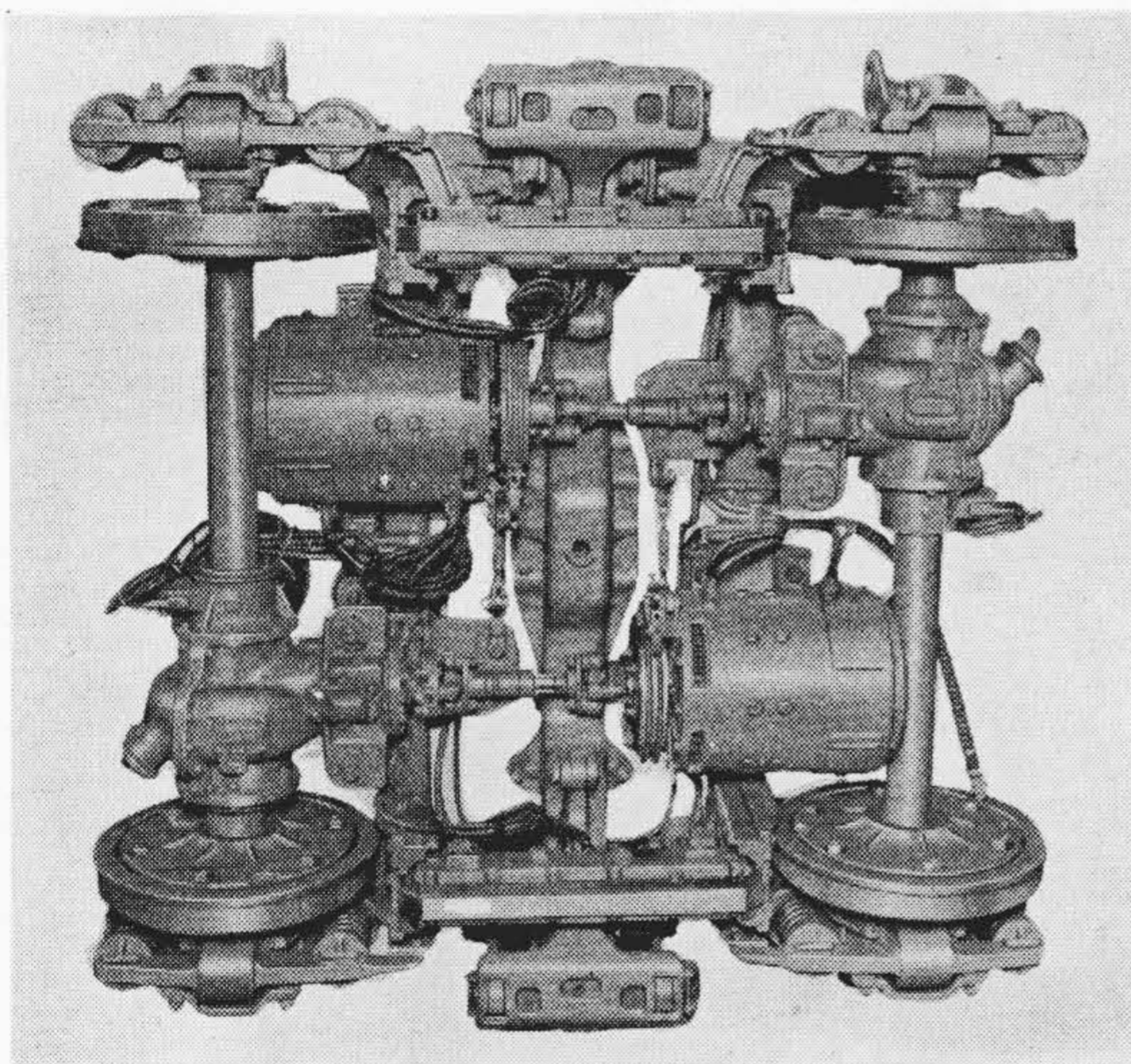
郊外電車用標準品である。

第2表 直角カルダン軸式駆動装置諸元

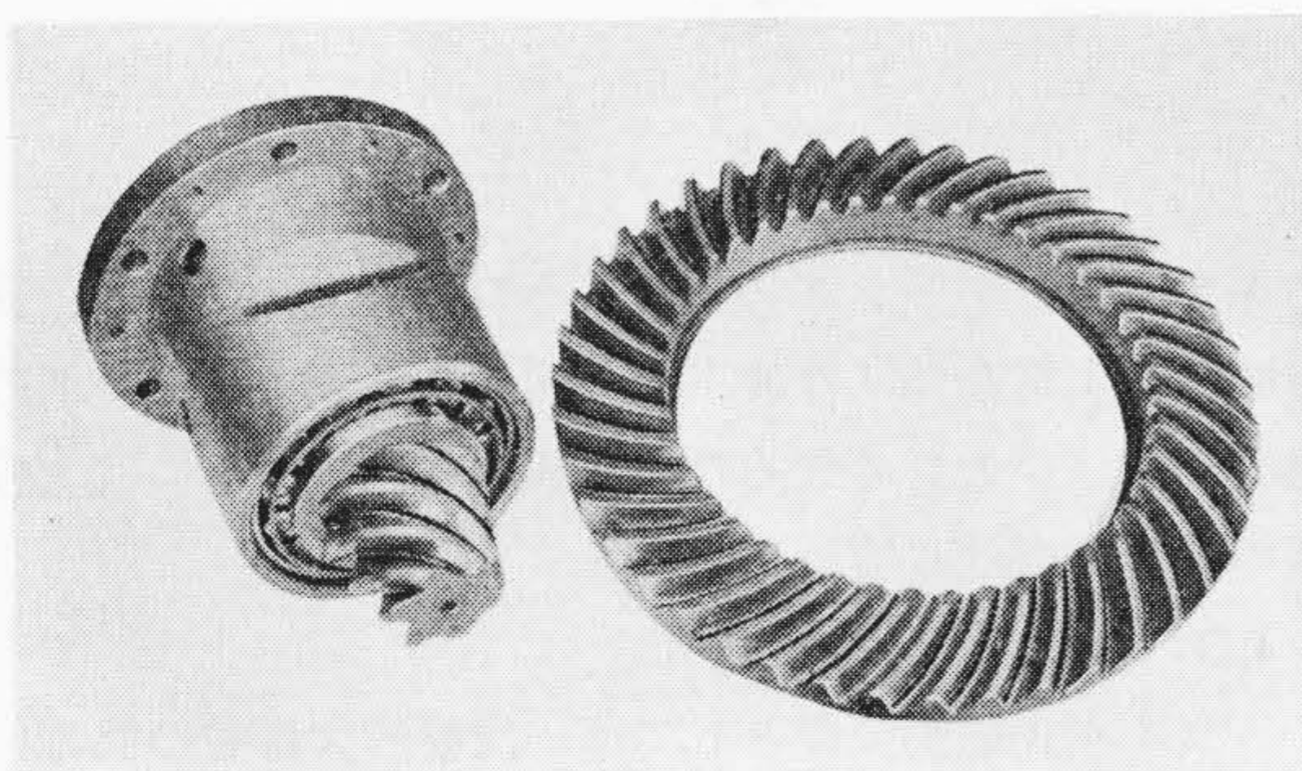
| 駆動装置式 | 出力 30 kW 用 | | | | | 出力 40 kW 用 | 出力 55 kW 用 | 出力 75 kW 用 | |
|--------|--------------------------|-------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|
| | SPE30K-4307, 4123 | OP30K-5507 | OH 30K-4306-1 | OH 30K-4306-2 | OH 30K-4306-3 | OH40K-4306 | OP55K-5709 | OP75K-5109 | OP75K-4909 |
| 定格回転数 | 2,000 rpm | 1,600 rpm | 1,600 rpm | 1,600 rpm | 1,600 rpm | 1,700 rpm | 1,600 rpm | 2,000 rpm | 1,600 rpm |
| 歯車種類 | スパイラルベベル・ギヤ, ヘリカルギヤ | スパイラルベベルギヤ | ハイポイドギヤ | ハイポイドギヤ | ハイポイドギヤ | ハイポイドギヤ | スパイラルベベルギヤ | スパイラルベベルギヤ | スパイラルベベルギヤ |
| 歯数比 | 43:7×41:23 (10.92) | 55:7 (7.86) | 43:6 (7.17) | 43:6 (7.17) | 43:6 (7.17) | 43:6 (7.17) | 57:9 (6.33) | 51:9 (5.67) | 49:9 (5.44) |
| モジュール | スパイラルベベル=7.5 ヘリカル=8 | 7.82 | 9.23 | 9.23 | 9.23 | 9.23 | 8 | 9 | 9.5 |
| 軸受 | ピニオン軸 | テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ |
| | 車軸 | メタル, テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ | テーパ・コロ |
| 軸部油止め | オイルシール | オイルシール | オイルシール | ラビリンス | ラビリンス | ラビリンス | オイルシール | オイルシール | ラビリンス |
| 使用台车型式 | KL-4 | KL-5 | KL-5 KL-9 | KL-7 | KL-8 KL-10 | KH-10A | KBD-108 | KD-8 | KBD-108A |
| 製造初年 | 昭和27年 | 昭和29年 | 昭和29年 | 昭和31年 | 昭和31年 | 昭和32年 | 昭和30年 | 昭和29年 | 昭和32年 |
| 備考 | スパイラルベベルおよびヘリカルギヤによる二段減速 | | | ドラムブレーキ (モータ軸) | ドラムブレーキ (ピニオン軸) | ドラムブレーキ (ピニオン軸) | | | |



第 18 図 SPE 30K 型直角カルダン駆動装置

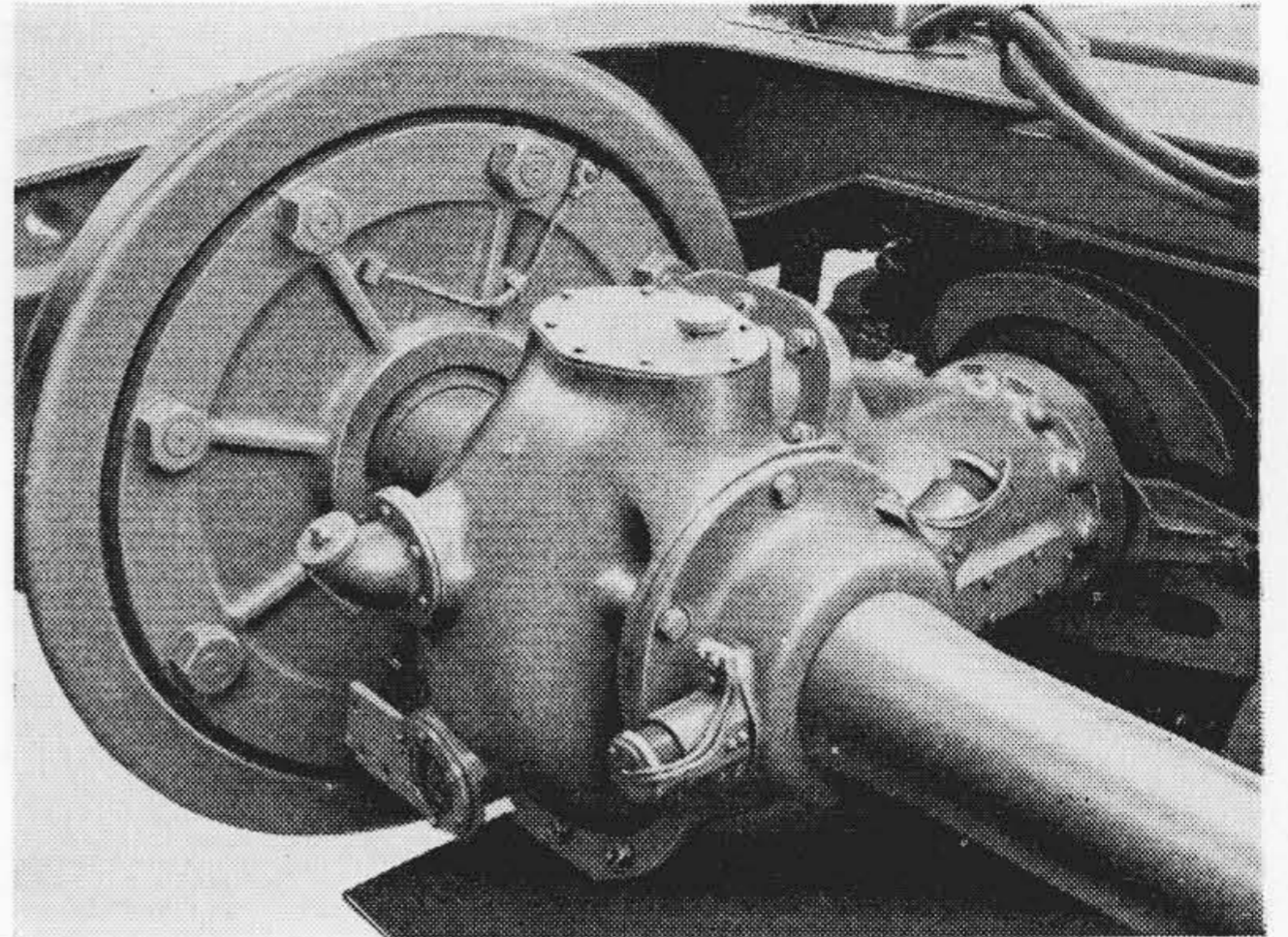


第 19 図 台車裏面より見た OH 30K 型直角カルダン駆動装置

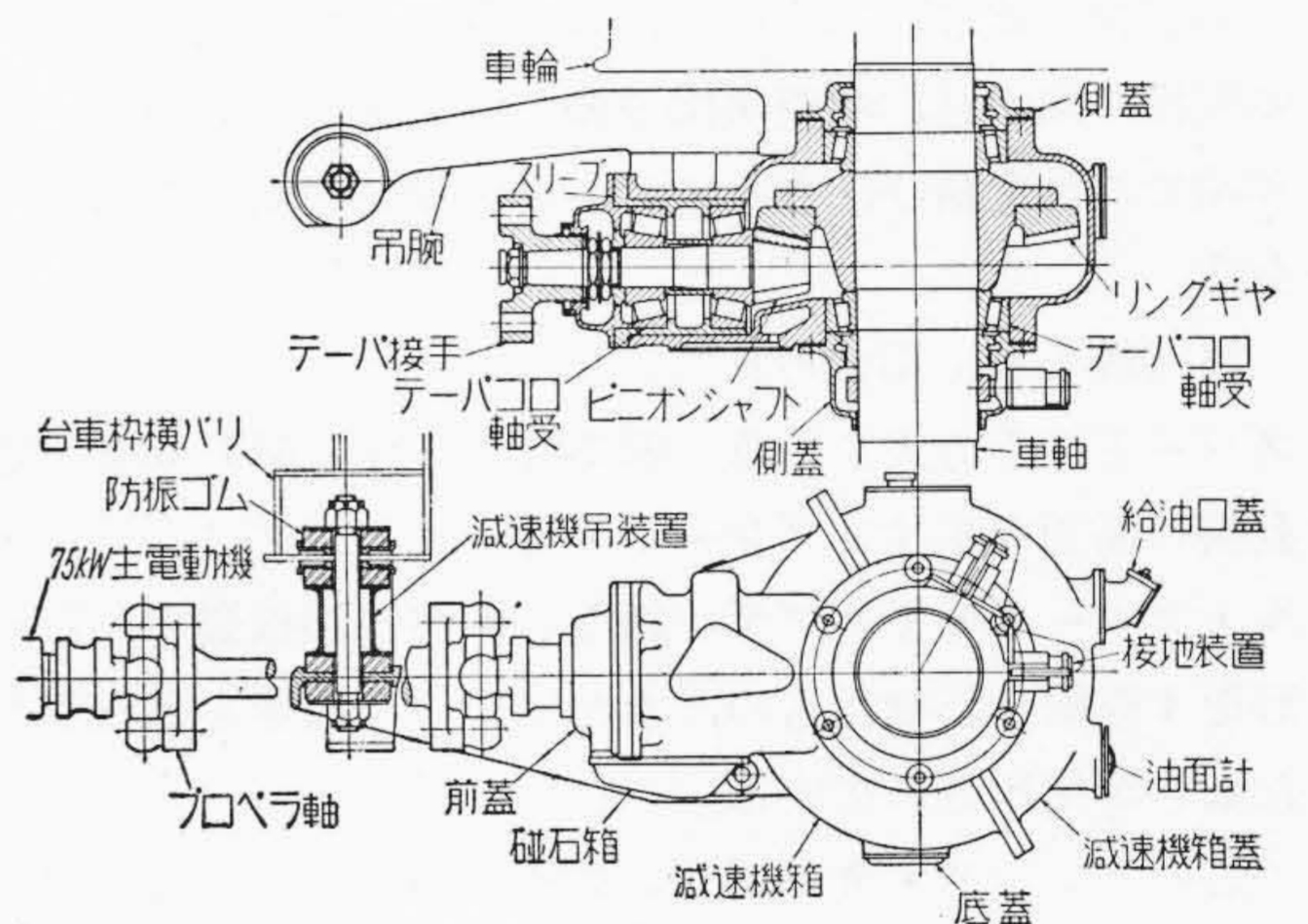


第 20 図 ハイポイド・ギヤ

直角カルダン方式は平行カルダン方式に比較して歯数比を大きくとれる利点があり、電動機回転数がさらに上昇されんとしている現在、本方式はこの方面において重要なものとなるであろう。



第 21 図 OH 40K 型直角カルダン駆動装置



第 22 図 OP 75K 型直角カルダン駆動装置

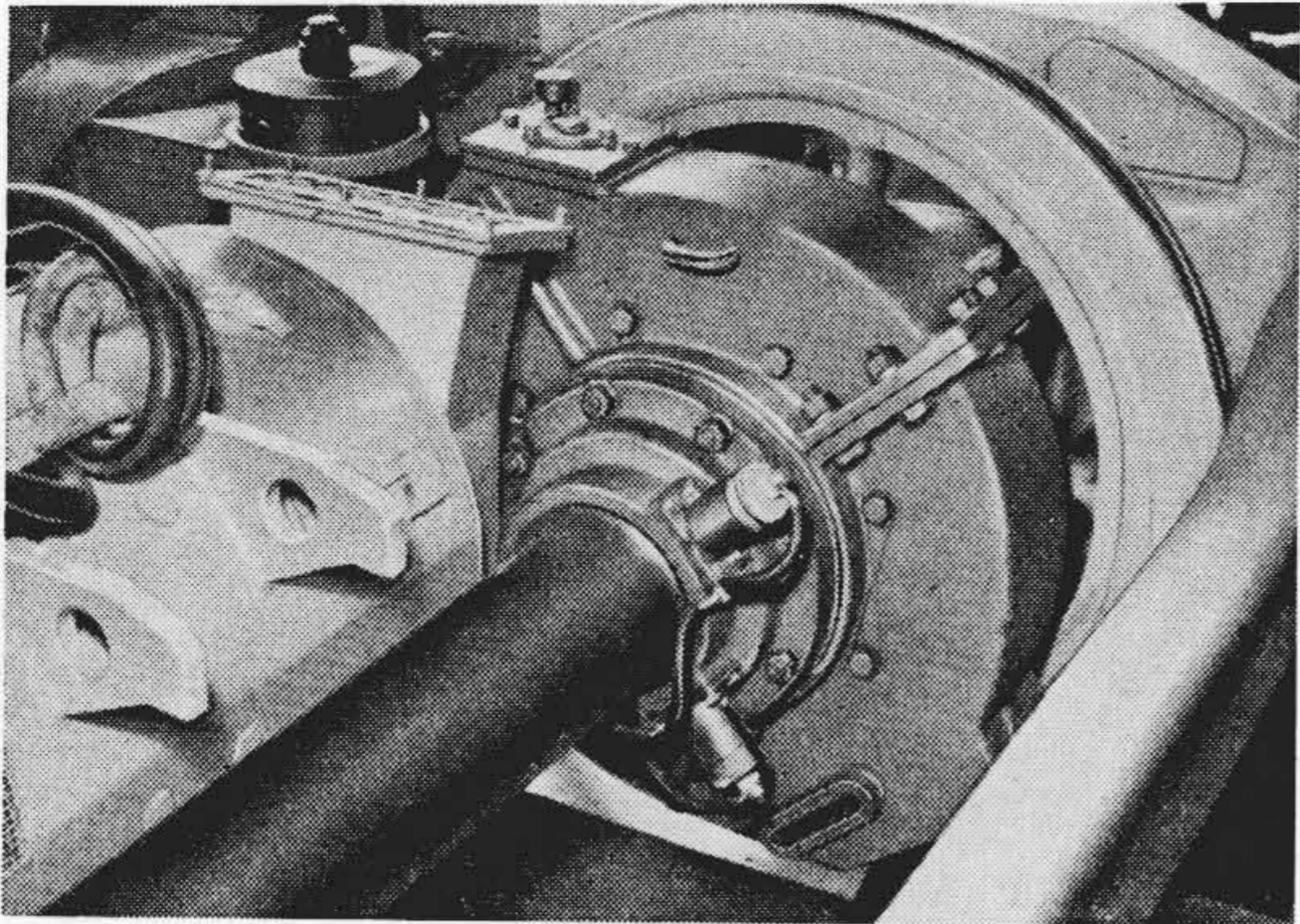
4.2 平行カルダン軸式駆動装置

平行カルダン駆動方式においては釣掛式と同じように主電動機が車軸と平行に置かれ、平歯車または、はすば歯車によつて動力の伝達が行われている。釣掛式と違うところは主電動機が台車枠に固定され、ギヤおよびピニオンが強固なギヤケースにおさめられ、ピニオン軸と電動機軸とが可撓接手によつて連結されていることである。この可撓接手の種類によつて、中空軸方式とギヤ・カップリング方式とに大別される。

一般にシングル・ヘリカル・ギヤを用いて、噛合をよくするとともに、騒音の減少をはかっている。

ギヤ・ケースは、円錐コロ軸受によつて、車軸上にささえられ、ピニオンは同じく円錐コロ軸受でギヤの噛合が常に正しくなるよう支持されている。

ギヤ・ケースのピニオン側の一端は、台車横梁から、釣装置によつて釣られている。この釣位置は、ピニオン軸と主電動機軸との相対位置の変化がもつとも少ない点を選んであり、主電動機および可撓接手の設計に有利である。第 23 図は輪軸に組立てた主電動機および駆動装置を示す。



第 23 図 平行カルダン軸式主電動機と駆動装置の組立

中空軸方式は、二組の可撓接手が、それぞれ主電動機の両側に置かれ、中空電機子軸中を貫通している細い振り軸でこれを結び、さらにピニオン軸と連結したものである。

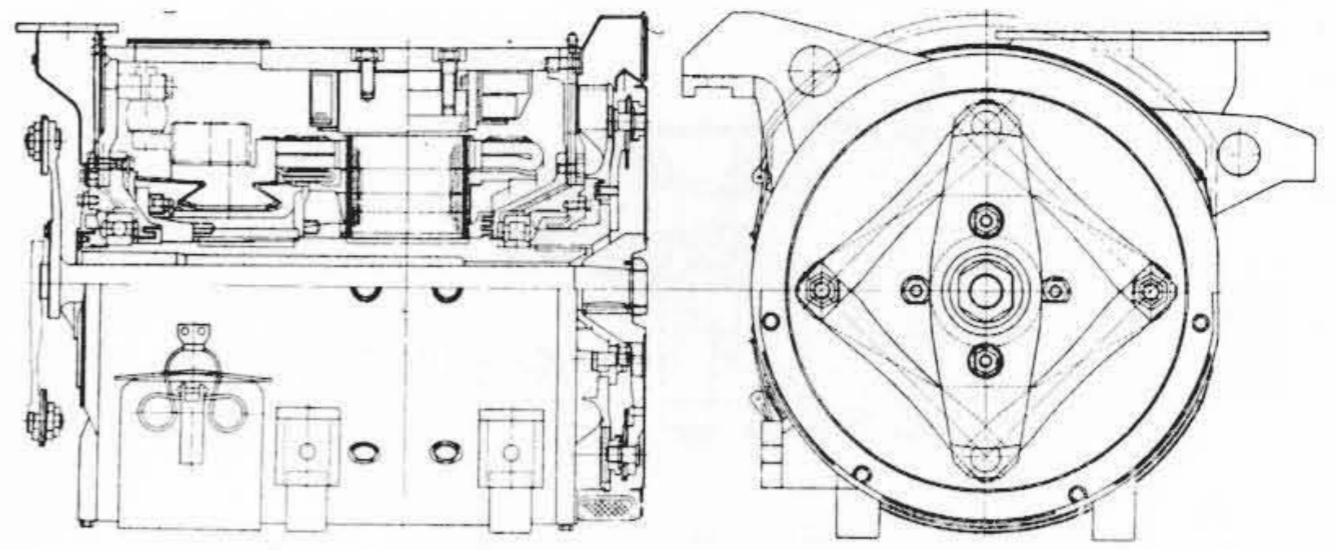
現在最も多く用いられているのが、ディスクあるいはブレード接手方式である。第 24 図は国鉄 MT 46 形主電動機の断面を示す。ブレード・カップリングは、ニッケル・クロム・モリブデン鋼などの特殊鋼板製で、短冊形を 4 枚組合わせたもの、または一体打抜形を数枚重ねたものが使用されている。

このブレード・カップリングは、軸方向の寸法が短く摩耗部分がなく、組立が容易で二組のカップリングを結ぶ伝動軸が中空電機子軸を貫通しているために、これを長くすることができ、回転衝撃の緩和力が大きくなるとともに、カップリングの傾き角が小さくなるため、カップリングの寿命が長くなる。ブレードに生ずる内部応力はカップリングの傾き角によつて生ずる曲げモーメントによるものが大部分で、引張りと圧縮とが交互にくり返えされ、その大きさは傾き角に比例している。

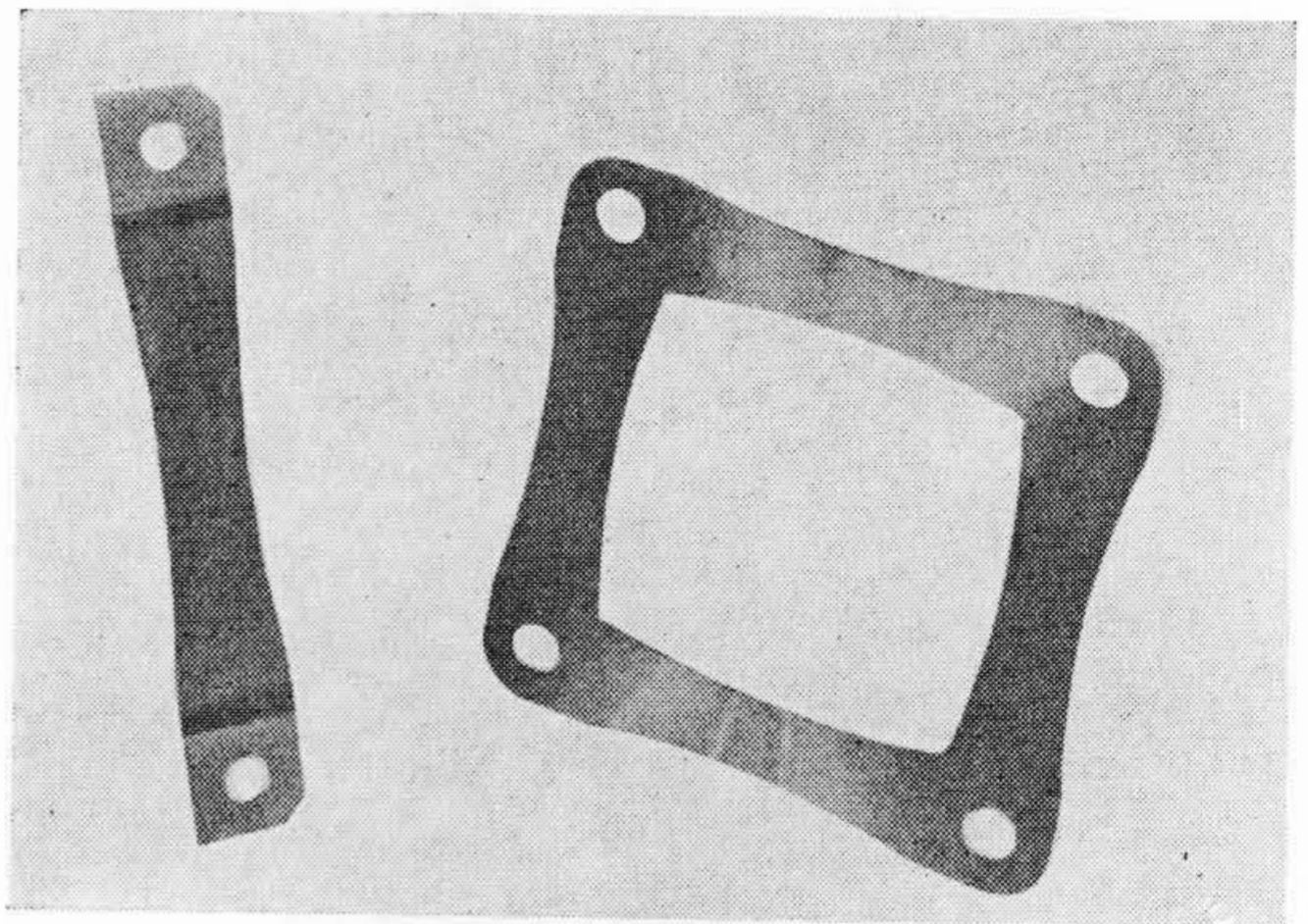
またブレードの長手方向にそつて、応力の大きさが変り、その両端の締結部分でもつとも大きくなるので、ブレードの形状を変え、各部の応力が均一になるように設計してある。第 25 図は短冊形と一体形のブレードを示す。第 26 図は一体形のブレード・カップリングの組立図である。

ギヤ・カップリング方式は、クラウニングしたインターナル・エクスターナルギヤ 2 組を使用して、ピニオン軸と相対する主電動機軸とを連結しており、比較的大きな傾き角が許せる。

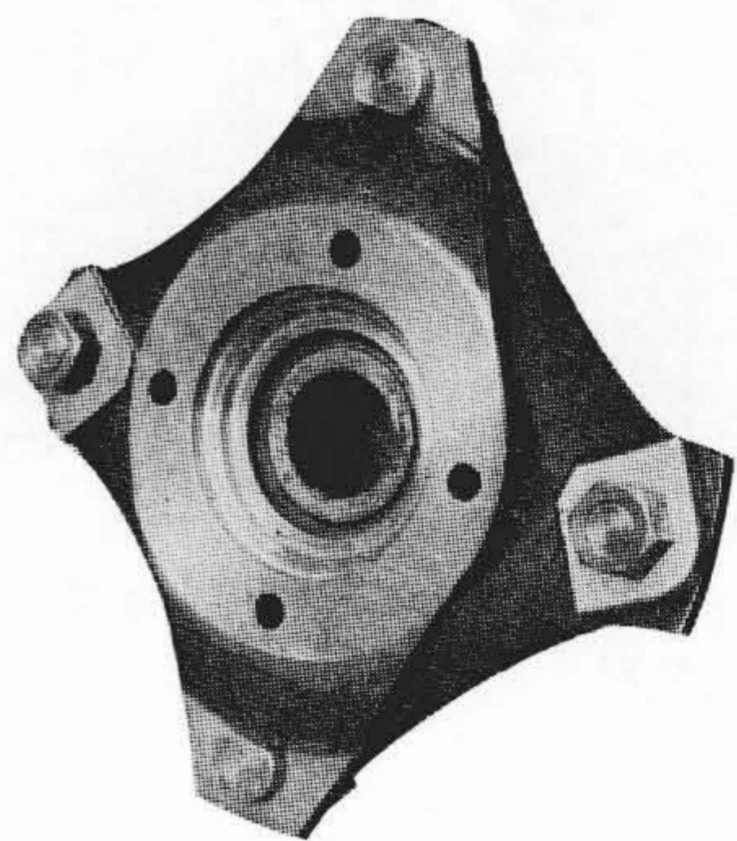
中空軸方式とギヤ・カップリング方式の両者を比較してみると、中空軸方式は主電動機の構造が多少複雑になるが、カップリングの占めるスペースが小さいこと、耐振性能が良好であることなどにより、電車のみならず、高速大出力の車輛に適し、利用範囲ははなはだ広い。一



第 24 図 電機子中空軸ブレード接手式駆動方式を採用した国鉄 MT46 形主電動機



第 25 図 ブ レ ー ド



第 26 図 ブ レ ー ド 接 手 組 立

方ギヤ・カップリング方式は、その構造上、あまり、高速回転の主電動機には使用できず、またカップリングの軸方向寸法が大きくなるため、狭軌電用台車には大容量の主電動機は収容できない。

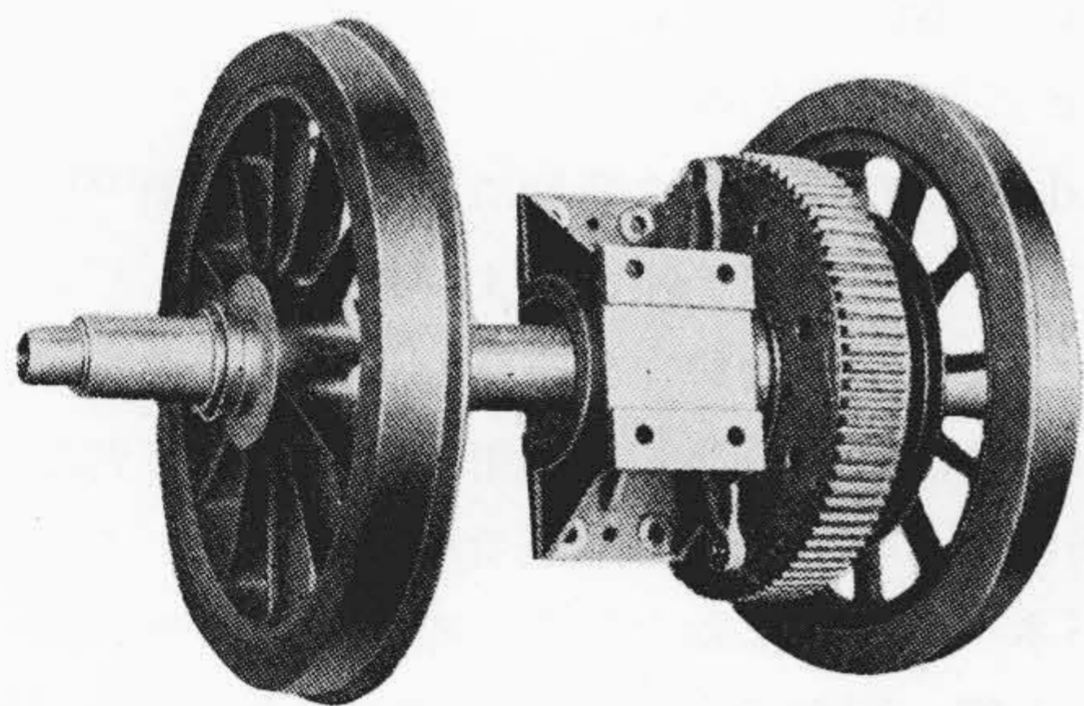
4.3 クイル式駆動装置

クイル式駆動装置としては、比較的大容量の実施例が多く、BBC 式(以後内バネ式と記す)、AEG 式(外バネ式と記す)のほか多くの方式がある。それぞれその構造上一長一短を有するが、ここには日立製作所の実施例(第 3 表)を中心として述べる。

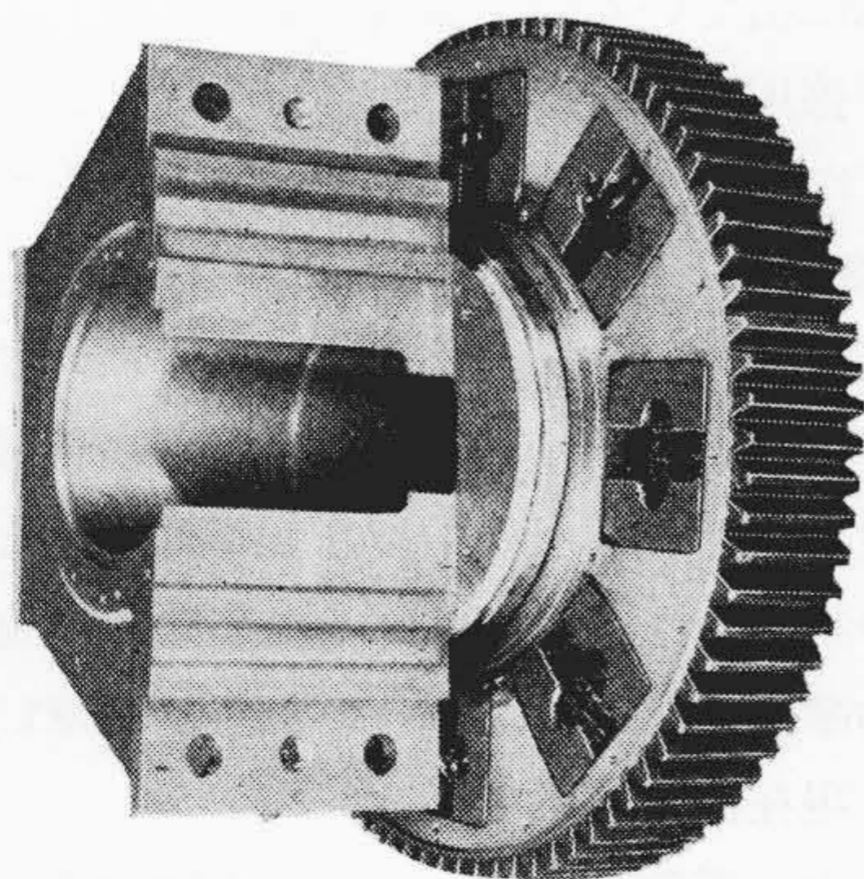
第 27 図は内バネ式組立外観(ED 4521 エクサイترون式交流電気機関車に実施)を、第 28 図にクイル・大歯車

第3表 クイル式駆動装置実施例

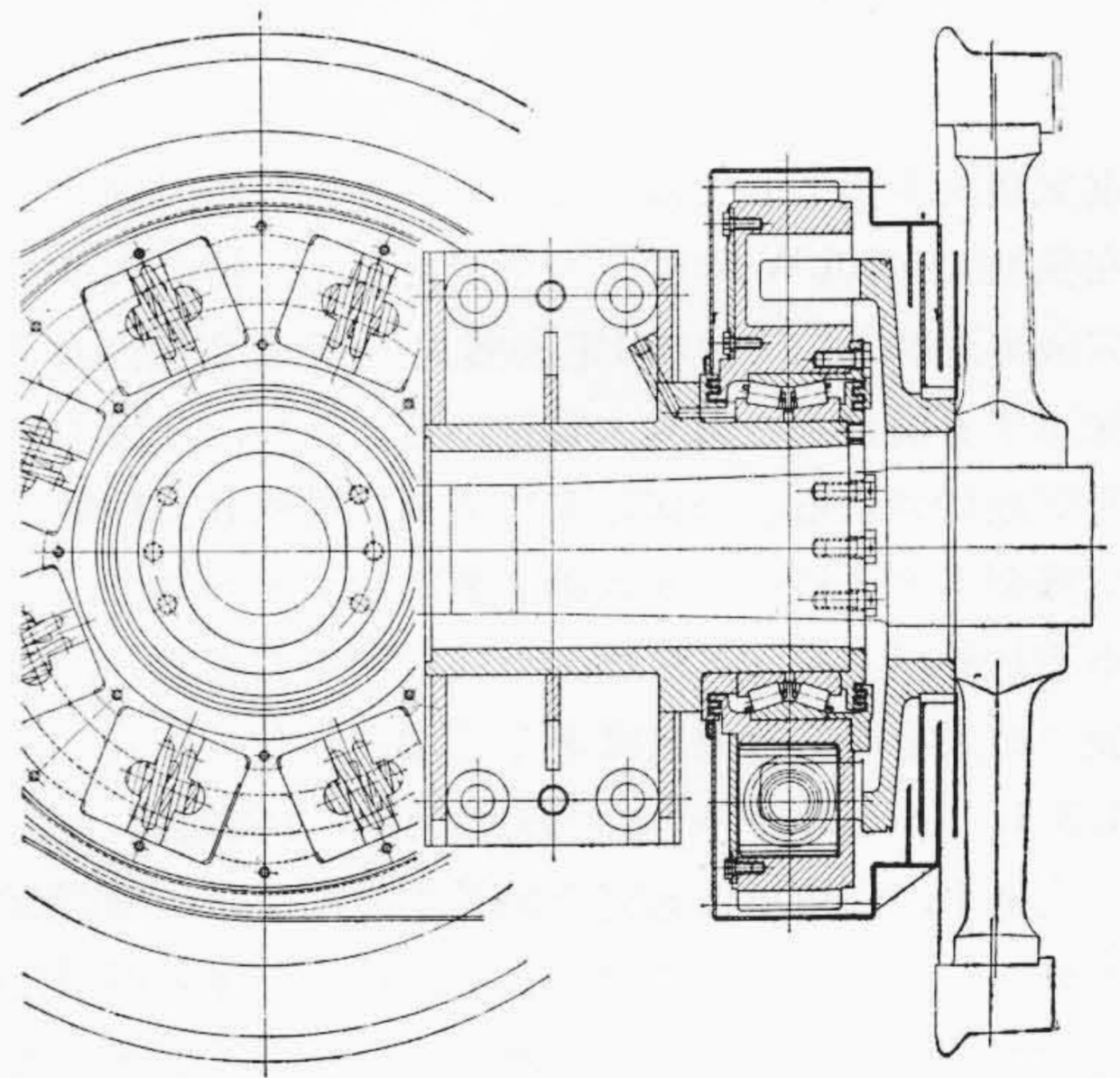
| 各 項 | 形 式 | 東武鉄道納 42 t 電気機関車 | 国鉄納 ED4521形 交流電気機関車 | 国鉄納 新ED形 電気機関車 | |
|------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|
| 一 般 仕 様 | 機 関 車 重 量 (t) | 42 | 60 | 56~60 | |
| | 軸 配 置 | B ₀ -B ₀ | B ₀ -B ₀ | B ₀ -B ₀ | |
| | 軸 駆 動 方 式 | 単モータ中間歯車連結式 | 各軸駆動式 | 各軸駆動式 | |
| | クイル方式 | 外バネ式 | 内バネ式 | 内バネ式 | |
| | 車 輪 径 (mm) | 1,000 | 1,120 | 1,120 | |
| | 台車固定轴距 (mm) | 2,080 | 2,300 | 2,500 | |
| | 機関車1時間定格出力 (kW) | 660 | 1,500 | 1,600 | |
| 車 | 電 気 方 式 | D. C. | A. C. | D. C. | |
| | 製 造 初 年 | 昭和 32 年 | 昭和 32 年 | 製 作 中 | |
| | 歯 | 歯 数 比 | 15 : 70 | 15 : 82 | 15 : 82 |
| | | モ ジ ュ ー ル | 10 | 10 | 10 |
| | | 1 時 間 定 格 回 転 数 rpm | 980 | 1,070 | 1,075 |
| | | 歯 幅 (mm) | 90 | 120 | 120 |
| | 車 | 圧 力 角, 歯 形 | 20° 並 歯 (平) | 20° 並 歯 (平) | 20° 並 歯 |
| 小 歯 車 | | 材 質 | ニッケルクローム鋼 | ニッケルクローム鋼 | ニッケルクロームモリブデン鋼 |
| | | 熱 処 理 | 滲 炭 | 滲 炭 | 滲 炭 |
| 大 歯 車 | | 材 質 | 炭 素 鋼 | 炭 素 鋼 | 炭 素 |
| | 熱 処 理 | 高 周 波 焼 入 | 高 周 波 焼 入 | 高 周 波 または ガス 焼 入 | |
| 軸 受 | バネ 個 数 / 1 軸 形 式 | 7 テーパコーロ(インダイレクト) | 8 テーパコーロ(インダイレクト) | 8 テーパコーロ(インダイレクト) | |
| 中空軸 | 中 空 軸 支 持 中 空 軸 と 車 軸 と の 隙 間 (mm) | 歯 車 箱 に 締 付 30.0 | 主 電 動 機 枠 32.5 | 主 電 動 機 枠 20.5 | |



第 27 図 内バネ式クイル組立外観



第 28 図 内バネ式クイル大歯車の組立

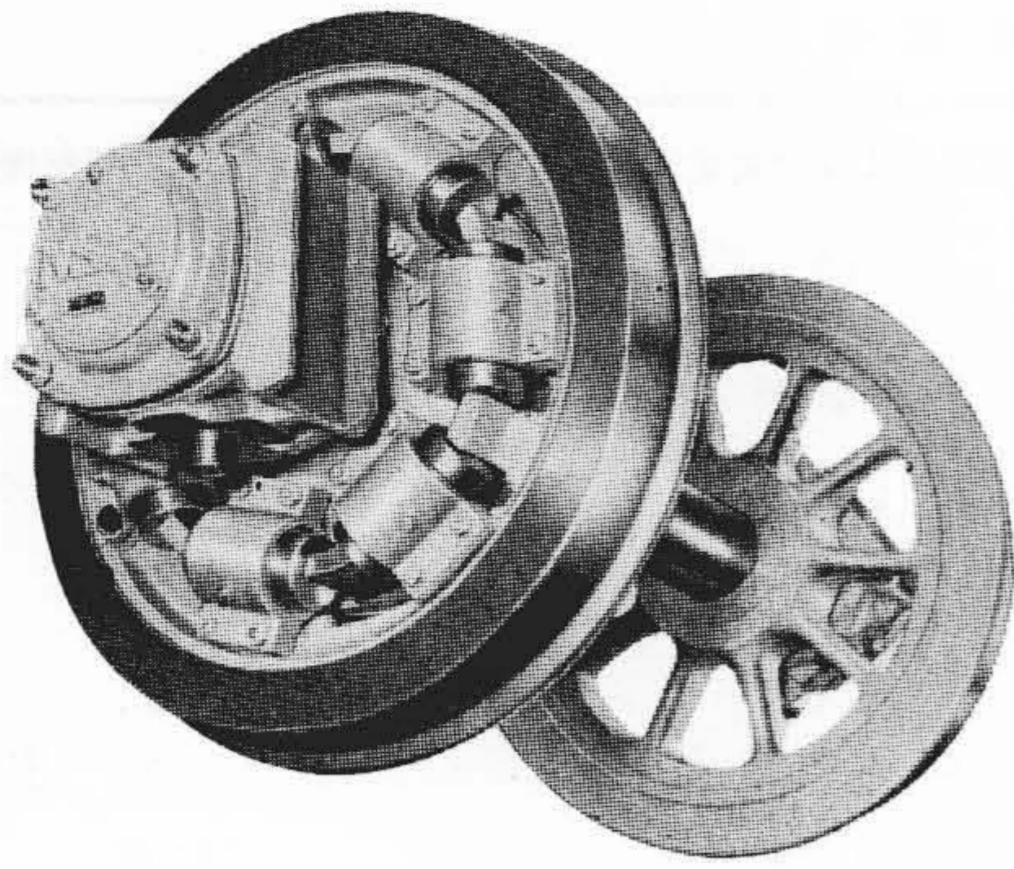


第 29 図 内バネ式クイル組立図

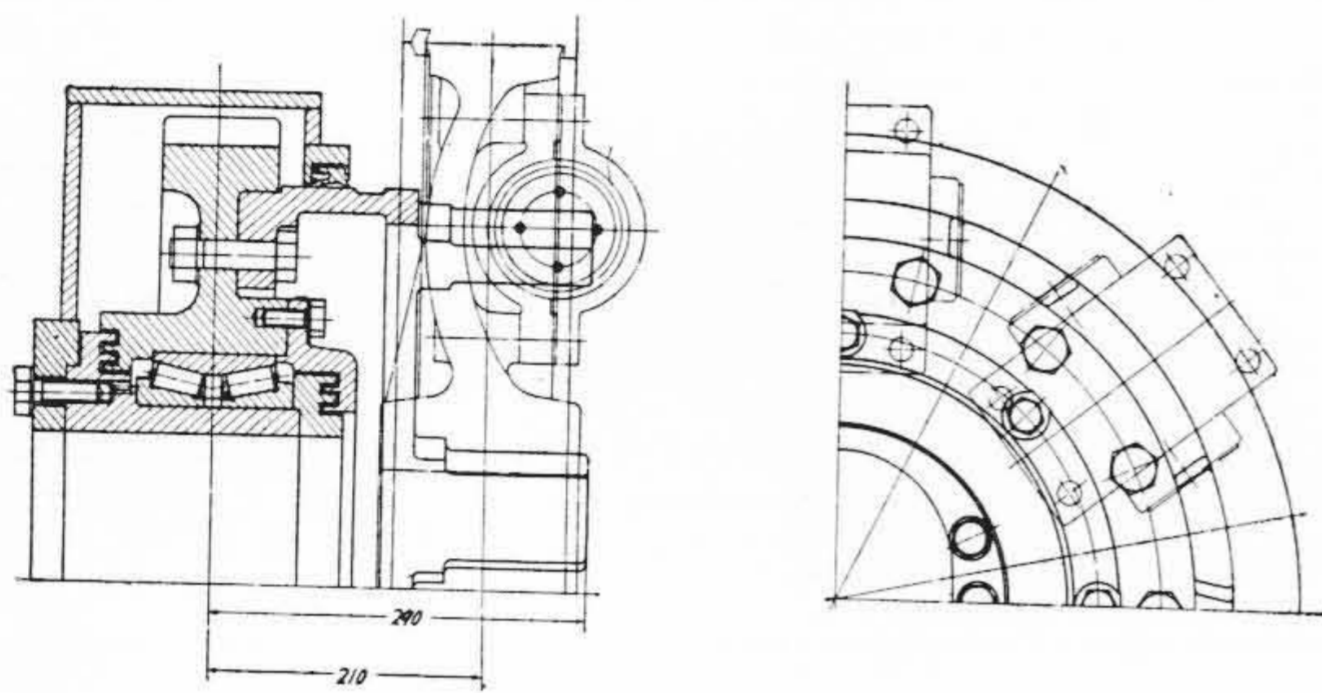
観, 第 31 図にその詳細を示す。

両方式ともに主電動機は完全に台車装架であるため、軸バネ撓み量としては中空軸と車軸のすきましか利用できない。したがってすきまをある程度以上大きくできないので、電車などの積空差のはげしいもの(空気バネ利用は別)には一般に適用されない。また車輪径, したがって歯車径が小さい場合はクイル・バネ装置の装着が困難となる。したがって本方式の適用はわが国においては電気機関車に限られている。

の組立を, 第 29 図にその詳細図を示す。また第 30 図は外バネ式(東武鉄道株式会社納42 t 機関車に実施)の外



第30図 外バネ式クイル組立外観



第31図 外バネ式クイル組立図

電気機関車用としてはかなり大きいものが計画でき、現在狭軌で450kW程度まで可能であり、特に両車軸を中間歯車連結した1台車1電動機式(完全粘着機関車⁽¹¹⁾)を採用する場合はさらに大容量が考えられ、今後大いに開発が期待される。一例として東武鉄道株式会社納42t電気機関車の要目を示せば第3表に示すとおりで、中間歯車連結外バネ式クイル駆動方式を採用しており、実車試験の結果その粘着係数は著しく増大した。

4.3.1 内バネ、外バネ両方式の比較と実施例

大歯車、小歯車とも完全軸受支持により、軸間距離を確保しうるので、釣掛式より高精度を保ち円滑な噛合せが期待できるが、小歯車はモータ軸に焼嵌してあるため片側軸受支持の形をとり噛合せ中の歯の片当りは避けられない。大歯車においては特に内バネ式の場合、第32図に示すように複雑な構造から熱処理による変形が考えられ、またバネ筒の入る窓あけ加工は非常に工数を要し、長期使用中構造の非対称による変形、形状上の切欠からのきれつ発生などに十分考慮を要する。一方外バネ式の場合は第31図に示すように大歯車はきわめて平凡な形状をとり上記各点の心配はない。歯車の材質、熱処理、組合せについて各種の機関車への実施例を第3表歯車の項に示す。

クイル・バネの負荷状況はきわめて苛酷であり、撓



第32図 内バネ式大歯車の一例 (ED 4521用)

み量は0より最大値までの全域を軸バネ振動、トルク変動走行中のびびり振動などの各ショックを受けながら運動する。設計に際しては大歯車および輪心におけるクイル・バネに与えるべき空間は先に決められているため、容量(バネ常数および撓み量)の選定範囲はきわめて制限される。クイルバネの容量は一般に次の諸点に影響する。

- (a) 中空軸と車軸とのすきま
- (b) 軸バネ剛性
- (c) 再粘着特性⁽²⁾
- (d) 力行中トルク変動による振り振動⁽¹³⁾
- (e) ボギー枠の剛性および強度
- (f) 上下振動および車体の弾性振動数

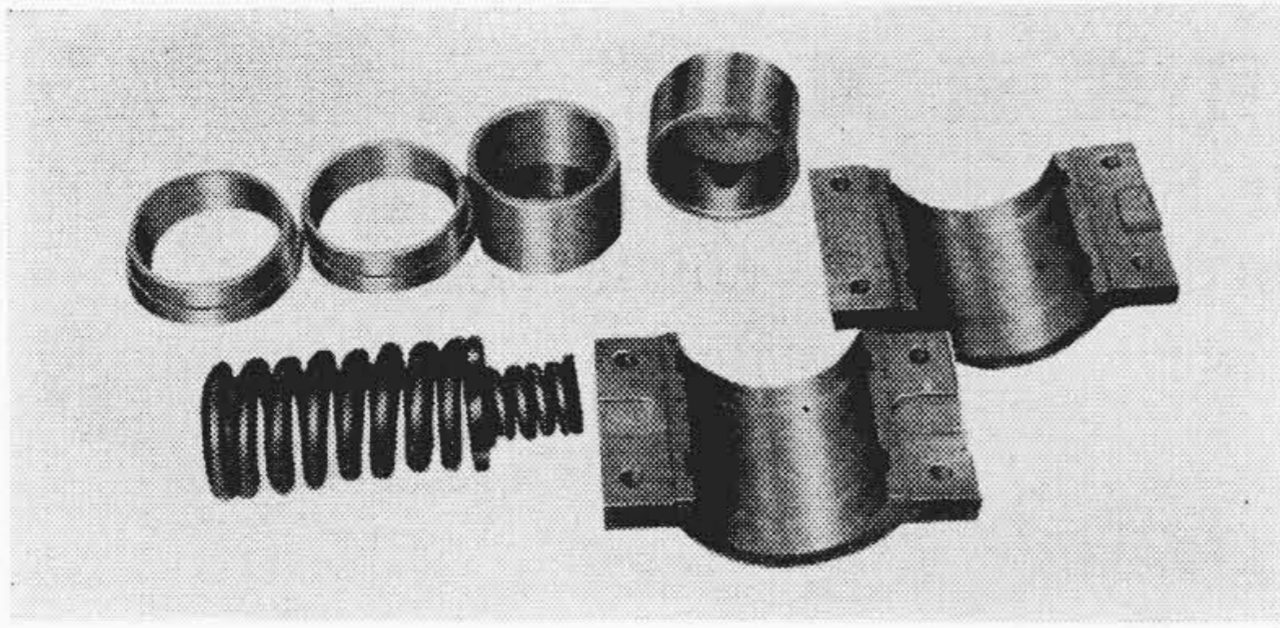
これらは機関車の形式、使用条件によつて異なり、最適条件を求めることは困難である。

バネ・カップは動力伝達に際して大歯車、スパイダなどと側、端面で高面圧下の摺動をする。内バネ式の場合は完全な潤滑が可能であるが、外バネ式では摺動部が外部に出ているので潤滑が完全にはいかないが最近乾燥摩擦用耐摩材が発達しているため、材質の組合せ、などに留意すれば実施になんらさしつかえはない。第33図に外バネ式バネ・カップを示す。

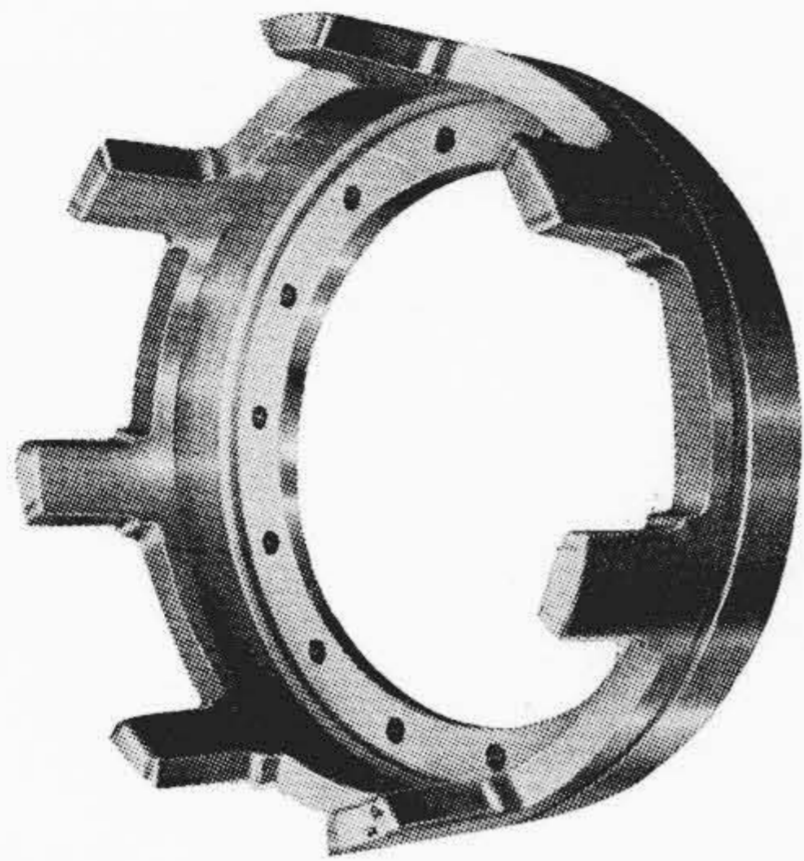
スパイダは外バネ式の例を第34図に示す。形状は内・外バネ式ともほぼ同様であり腕部の機械加工、側面の硬度、腕部つけ根の強度などが問題となる。

以上の諸部分は機構的にクイル装置の生命部分であり、摺動摩擦が相互にはげしいため、耐摩耗について各機とも現在注目されている。

軸受は大歯車側のみであり、中空軸は片持梁の形で主電動機枠、または歯車箱に締付けられている。一般にテーパ・コロ式が採用されているが、スラスト荷重は問題外に小さいので円筒コロでも十分であり、半径方向寸法も楽になる。軸受部潤滑は歯車側と絶縁さ



第 33 図 外バネ式バネカップ外観



第 34 図 外バネ式スパイダ

れているが、歯車箱が完全密封可能の場合(外バネ式)には共用も考えられる。グリース稠度は 250 度以上が好成績を得ている。

4.3.2 今後の研究対象

本駆動装置は主電動機に与える空間の大きいこと、構造上の特殊な要求(たとえば平行カルダンの場合は主電動機軸の中空化)がないことなどが大きな魅力となつてはいるが、次の諸点が今後の研究対象となろう。

- (a) 全摩擦摺動部分の減少
- (b) 大歯車の構造
- (c) 駆動系の振動対策
- (d) クイル・バネ容量の選定法
- (e) 各部の潤滑および点検の便
- (f) 製作費の低減

5. 結 言

前述のように駆動装置は電気車輛発達の上において重要な役割を努めるものであるが、まだ発展の途上にあり、多くの研究問題が残されている。本文においては各種駆動方式の歴史的発達とその動向および日立製作所における実施例について述べた。読者の御参考になれば幸である。

参 考 文 献

- (1) E. Kreuter: Deutsche Eisenbahntechnik 5, 455(1957)
- (2) K. Sachs: Elektrische Triebfahrzeuge Bd. I, (1953)
- (3) G. Kloss: Elektrische Bahnen 24, 1(1953)
- (4) D. W & M. Hinde: Electric and Diesel-Electric Locomotives(1948)
- (5) P. Müller: Elektrische Bahnen 特輯号(1936)
- (6) W. Kleinow: Elektrische Bahnen 特輯号(1936)
- (7) 矢山: 電学誌 76, 1348 (昭 31-11)
- (8) 檜田: 東芝レビュー 11, 1269 (昭 31-11)
- (9) 松田: 電気車の科学 10, 25~(昭 32-6~)
- (10) 山田: 日立評論 36, 1245 (昭 29-8)
- (11) 平田: 日立評論 34, 1429, 361 (昭 27-2)
- (12) 森脇, 高橋: 日立評論 39, (昭 32-12)
- (13) H. Kassal: Elektrische Bahnen 26, 121(1955)



日 立 製 作 所 社 員 社 外 講 演 一 覧

(その 3)

(第54頁より続く)

(昭和33年1月受付分)

| 講演月日 | 主 催 | 演 題 | 所 属 | 講 演 者 |
|--------------------|------------------|--|----------------|---|
| 4. 2~5 | 日本金属学会 | マンガンフェライトの構造と電気抵抗の関係 | 中央研究所 | 北川 公登 米田 吉洋 相本 尻野 江只 野文 |
| 1. 23 | 科学博物館電顕学会東京支部 | 電 子 顕 微 鏡 の 概 要 | 中央研究所 | 中田 修庸 前田 公男 北川 五登 三上 久夫 米田 夫夫 |
| 4. 4~7 | 日本物理学会 | 放射線による高分子の架橋と分子量分布 | 中央研究所 | 北川 吉人 相本 吉正 |
| 3. 27 | 日本物理学会 | Mm-Zn フェライトの電気抵抗 | 中央研究所 | 北川 吉人 相本 吉正 |
| 3.31~4.2 4. 2~5 | 応用物理学会 日本金属学会 | サーミスタ半導体の安定度 (II) タングステン中鉄, モリブデン, 銅, トリヤ 迅速分析方法 | 中央研究所 中央研究所 | 北川 吉人 相本 吉正 |
| 1. 27 | 国鉄天王寺管理局 | 半導体整流器と電鉄用変電所の概要について | 大阪営業所 | 北川 吉人 相本 吉正 |