

## 電車の動き方

### ・はじめに

普段皆さんが使っている電車は、どのようにして速度を変化させているのか...ここでは電車の加速の仕方について、昔から使われている方式から最近使われているものまで紹介します！

### 直流モーター

・電車は電動機(モーター)の回転によって走っています。

速度制御の前に、電車に使われている電動機を紹介します！

### 直流直巻電動機

・モーターの中で回転する部品を回転子、その周囲に磁界を作ること界磁という。学校やプラモデルに使われている直流モーターは永久磁石で界磁させるが、コイルで界磁させることも可能である。こうしたコイルを界磁コイル、回転子に使われるコイルを回転子コイル(電機子コイル)という。

回転子コイルと界磁コイルが直列に接続されているのが直巻電動機である。特性はトルクが回転速度に反比例する。

### 直流分巻電動機

・回転子コイルと界磁コイルが並列に接続されている。特性はトルクが回転速度に比例する。

### 直流複巻電動機

・界磁コイルが分割され、回転子コイルに直列と並列に接続されている。

### 抵抗制御

#### 概念

・架線から取り入れた電機を抵抗器に流し、電圧を下げて主電動機を駆動させる方式。発車時は架線から取り入れた電気はすべて抵抗を経由して主電動機に送られる。加速度は主電動機内の接触器のスイッチを順に入れて、抵抗器の一部を短絡させることにより、主電動機の入力電圧を上げていき、主電動機の回転が増して速度が上がる。

### 弱め界磁制御

#### 概念

・直流モーターのトルクは磁界の強さに比例し、回転速度は磁界の強さに反比例する。回転速度を高めるためには界磁コイルの電流を小さくすれば良い。次回を強くすると、回転子コイルの逆起電力を一定に保つために回転子コイルの電流が増える。この結果回転速度が高まっていく。このように回転速度を制御することを弱め界磁制御という。

### 電機子チョッパ制御

・半導体素子のスイッチ作用を利用して、毎秒数百回という高速で電源の直流電流を断続する。ONの時間の比率に応じて電圧を下げるができる。したがってONの時間を長くしていくことで平均電圧が上がり、主電動機の回転数が増す。この方式をチョッパ制御と

いう。チョッパ制御のうち主電動機に流す電流すべてがサイリスタチョッパ制御回路によって制御され、電機子電流がチョッパ制御によって変化させる方式を電機子チョッパ制御という。製造コストが高いため、あまり普及しなかった。

チョッパ車は発車時に「プ～」という音がなります。

### 界磁チョッパ制御

・チョッパ制御であるが、電機子チョッパ制御と違い起動から中速域は抵抗制御を行い、高速域は界磁電流だけをチョッパ制御によって変化させる。基本的には抵抗制御であり、弱め界磁制御のみチョッパ制御を行う方式。抵抗制御の欠点である電力ロスは解消できないが回生ブレーキを使用できるので省エネルギー志向といえる。電機子チョッパ制御より安上がりで、回生ブレーキも使えるが、構造が複雑な直流複巻電動機を使うため、コストがかかる。よって JR 線では採用されず、私鉄を中心に普及した。

### 界磁添加励磁制御

・界磁チョッパ制御同様起動から中速域は抵抗制御、高速域は弱め界磁制御をする。界磁をバイパスにする回路に励磁装置が挿入され、補助電源から三相交流が供給される。この三相交流を内部のサイリスタ素子及びダイオードによって直流に整流し、同時に強さを制御する。

その電流を制御電流と重ねて界磁に流すことで、界磁電圧を変化させている。励磁装置からの電流を徐々に弱めることによって、バイパス回路を流れる電流が増え、反対に界磁電流が減って電機子の逆起電力が減少し、回転数が上がる。製造コストが安く、直流直巻電動機が使用でき、さらに回生ブレーキが使えるので省エネなので JR を中心に通勤電車から特急電車まで多く普及した。

### VVVF インバーター制御

・電気を三相交流に変えて三相交流モーターを動かす仕組みである。直流の電気を半導体(スイッチング素子)で三相交流という電気に変える。スイッチング素子には GTO サイリスタが使われるが、周波数を増やしたり減らしたりする速度が遅いため、きれいな三相交流にはならない。このノイズが電動機に入りこむことで振動が発生。この振動が騒音となる。最近スイッチング素子に IGBT が使われている。IGBT は ON、OFF の切り替えが高速になり、ノイズの少ないきれいな三相交流が作れて騒音も低下した。