

4.3 Kollektormotor: Steuerung mit Gleichstromsteller

Auf einer induktiven Last kann man eine pulsierte Spannung u_d mit einem Kommutator CS führen. Die mittlere Spannung u_b an Lastklemmen ist das Produkt der Taktverhältnis und der Speisespannung u_{lc} . Die Diode D_r , benannt "Freilaufdiode" erlaubt das induktives Strom zu fließen, wenn der Kommutator geöffnet wird. Ein EingangsfILTER ist bei der Frequenz des Gleichstromstellers dimensioniert, um die Stromwellen Im Speisungsnetz zu begrenzen.

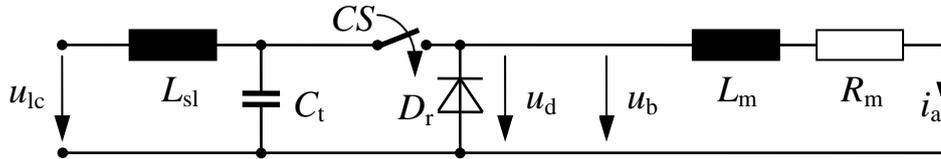


Fig. 4.77 Gleichstromsteller : Prinzip.

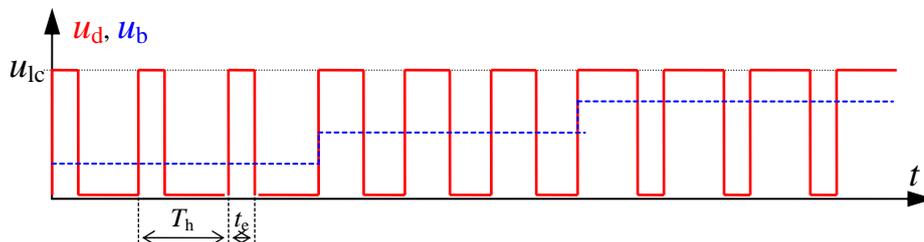


Fig 4.78 Momentane Spannung u_d und mittlere Spannung u_b an der Gleichstromstellerausgang.

$$u_b = u_{lc} \frac{t_e}{T_h} \tag{4.43}$$

Der Kollektormotor kann aus Der Fahrleitung durch einen Gleichstromsteller gespeist werden. Der Arbeitspunkt des Motors wird mit dem Taktverhältnis des Gleichstromstellers stufenlos eingestellt. Das Kommutator ist eine statischer Hüpfen: eine Thyristor-Schaltung, ein GTO oder ein IGBT, nach der Entwicklung zwischen 1970 und 2000, mit Taktfrequenzen von 400 Hz zu 2 kHz. Man schaut hier eine heutige Schaltung (TL: M1). Die Inversion des Leistungsflusses ist durch den Richtungswechsel des Stroms erreicht. Bei den ersten Realisierungen wurde der Gleichstromsteller in Fahren und Bremsen benützt: die Schaltungstopologie war durch elektromechanischen Schützen bei Nullstrom geändert.

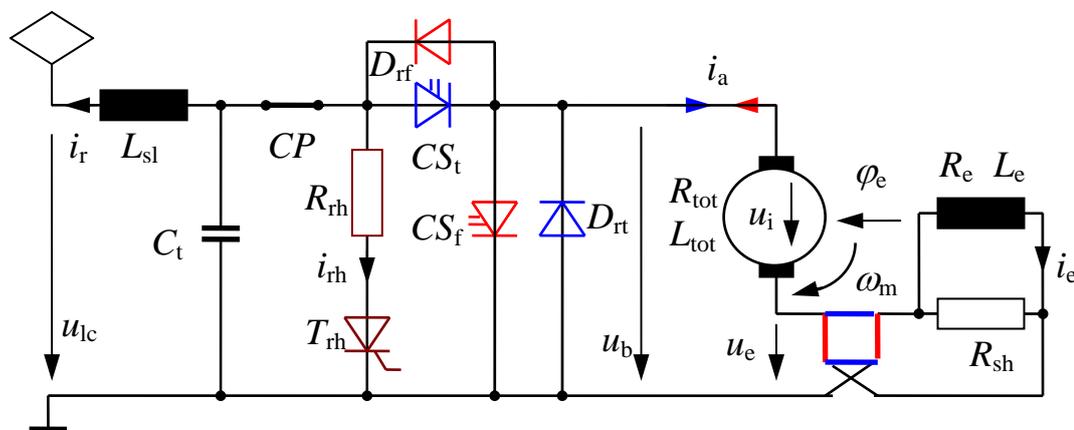


Fig. 4.76 Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Fahren.

Fig. 4.82 Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Nutzbremse mit Serie-Erregung.

Fig. 4.88A Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Widerstandsbremse mit Serie-Erregung.

Die Widerstand R_{sh} erlaubt eine Umleitung aus 2 % des mittleren Ankerstrom, und fast des ganzen Wellenstroms weil dieser Weg keine Induktivität hat. Die Wellenkomponente des Drehmoments ist in diesem Fall begrenzt. Die Nutzbremse erfolgt durch den Schütz CS_f und die Erholungsdiode D_f . Wenn das Netz nicht fähig ist, die ganze Bremsleistung zu empfangen, die Differenz ist in dem festen Widerstand R_{rh} durch den Bremsth Thyristor T_{rh} zerstört. Man spricht von Mischbremse.

In reiner Widerstandsbremse (Charakteristik 4.90A), ist der Hauptschütz CP offen und der Bremsschütz CS_f taktet auf den Bremswiderstand um ein äquivalentes Wert zu steuern. In diesem Fall wird oft der T_{rh} mit einer Schütze oder einer Gegendiode ersetzt.

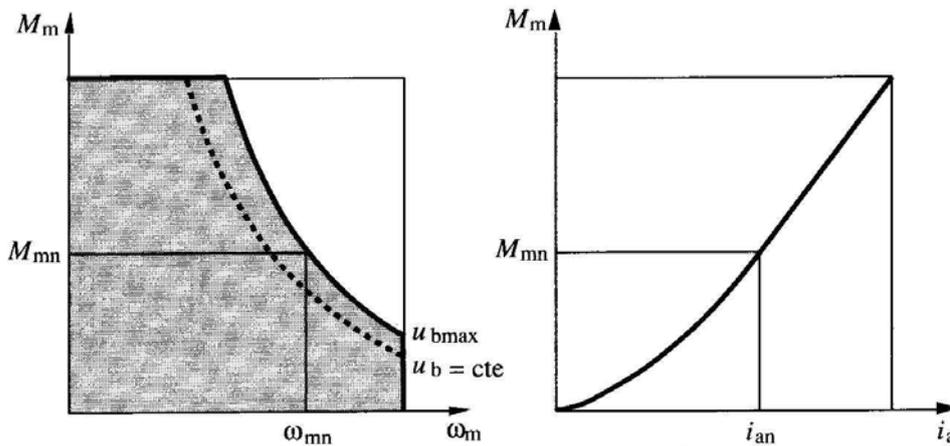


Fig. 4.79 Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Kennlinien in Fahren.

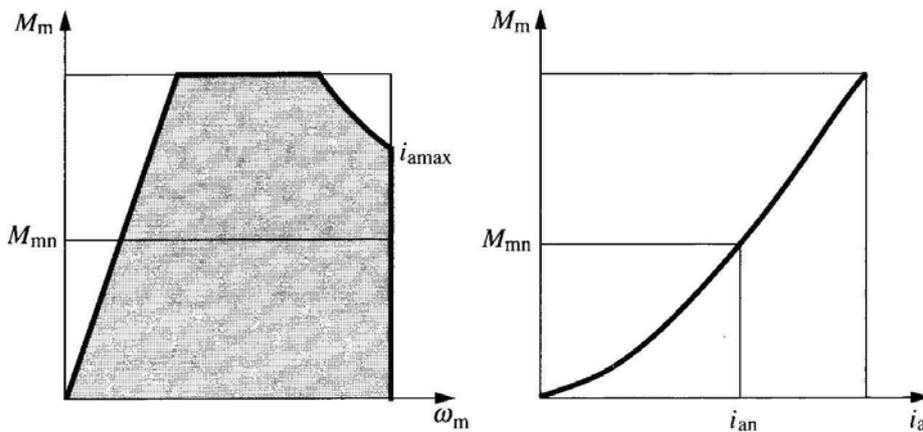


Fig. 4.85 Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Kennlinien in Nutzbremse mit Serie-Erregung.

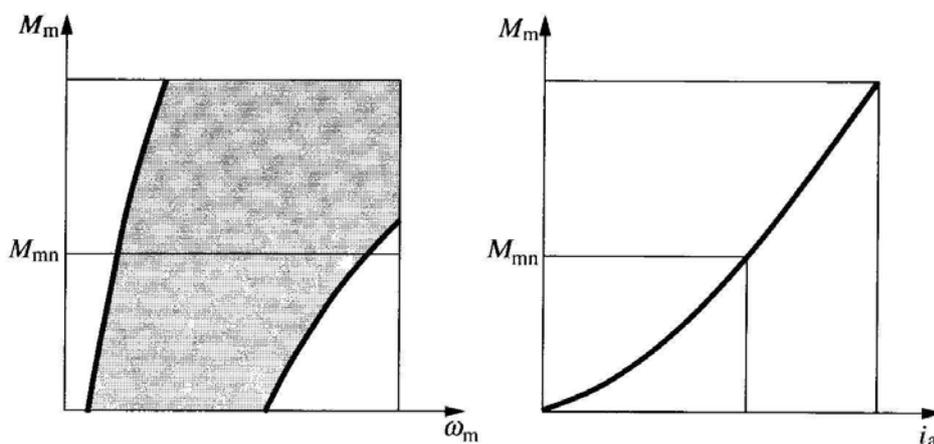


Fig. 4.90A Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Kennlinien in Widerstandsbremse mit Serie-Erregung.

Die Inversion des Leistungsflusses kann auch durch den Richtungswechsel der Klemmenspannung erreicht. In diesem Fall braucht man ein einziger Gleichstromsteller CS . Der Schütz CF ist in Bremsbetrieb offen (Semaly : Metro A, Üstra : 6000, SZU : Be 4/4). In diesem Fall auch steuert der Bremsthyristor T_{rh} nur den Anteil Energie der nicht gewonnen werden kann.

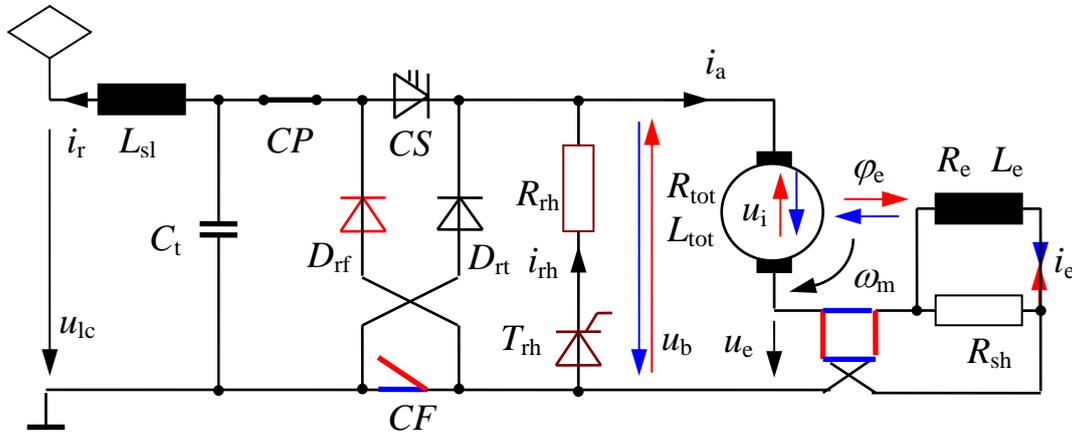


Fig. 4.87A Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Fahren.
Fig. 4.87B Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Nutzbremse mit Serie-Erregung.
Fig. 4.88B Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Widerstandsbremse mit Serie-Erregung.

Die Charakteristiken sind gleich (fig. 4.79, 4.85 et 4.90A).

Man kann auch eine Fremderregung wählen, mit einem spezifischem Gleichstromsteller CS_e . Wenn dieser ist in Fahren gesteuert, sodass der Erregerstrom den Ankerstrom bis voll Öffnung des Hauptgleichstromstellers CS_t folgt, man spricht von *fremderregtem Motor mit Reihenschlusscharakteristik*. Wenn CS_t voll offen ist, kann man den Erregerstrom reduzieren um den Feld zu schwächen und die Betriebsebene des Motors zu erweitern (MOB: GDe 4/4). In Mischbremse steuert der Bremsthyristor T_{rh} nur den Anteil Energie der nicht bei Netz gewonnen werden kann. In reiner Widerstandsbremse ist der Gleichstromsteller CS_f inaktiv (oder abwesend), CP ist offen und ein Schütz ersetzt oft T_{rh} .

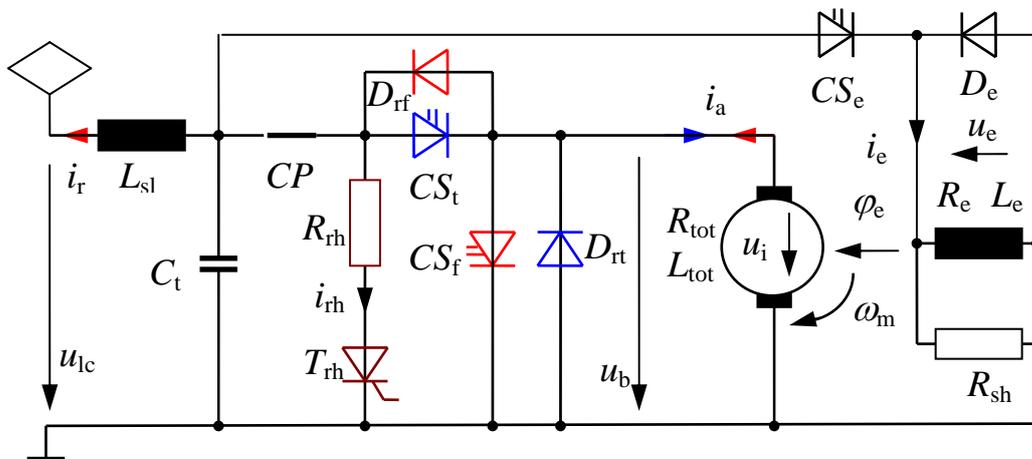


Fig. 4.95 Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Fahren mit Fremderregung.
Fig. 4.86A Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Nutzbremse mit Fremderregung.
Fig. 4.88C Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Widerstandsbremse mit Fremderregung.

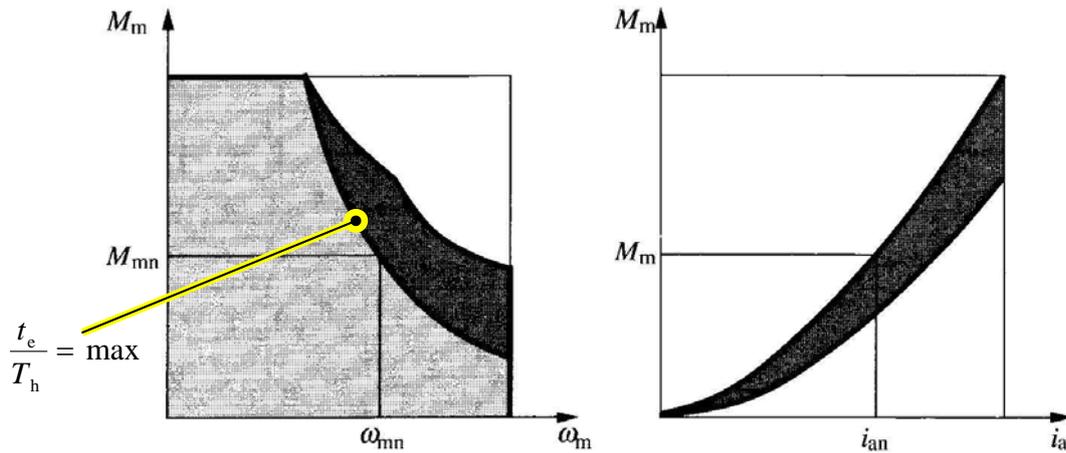


Fig. 4.97 Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Kennlinien in Fahren mit Fremderregung : « Reihen-schlusscharakteristik ».

Es gibt andere Steuerung, die einen konstanten Erregerstrom bis voll Öffnung des Hauptgleichstromstellers CS_t zwingen. Wenn CS_t voll offen ist, kann man den Erregerstrom reduzieren um den Feld zu schwächen und die Betriebsebene des Motors zu erweitern (SL : C10)

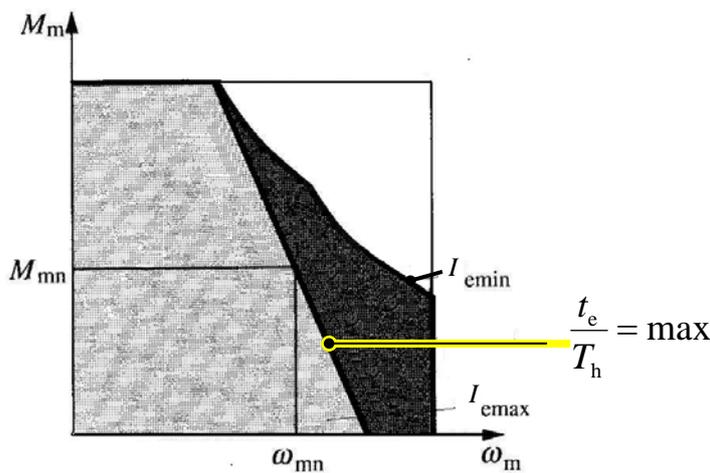


Fig. 4.97A Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Kennlinien in Fahren mit konstanter Fremderregung

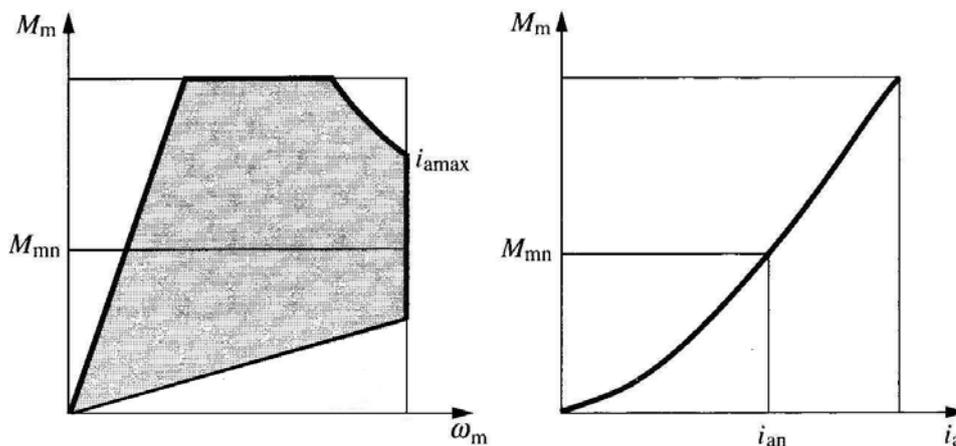


Fig. 4.90C Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Kennlinien in Widerstandsbremse mit Fremderregung.

In Nutzbremse ist die Charakteristik auf Bild 4.85 geschaut.

Bei Serie-Erregung kann man auch die Feldschwächung durchführen: Thyristor T_{sh} und Diode D_{sh} (SNCF: BB 7200). Der Thyristor T_{sh} ist eingeschaltet während der Hauptgleichstromsteller CS_t den Strom führt, der Ankerstrom ist so ausser der Erregungsspule umgeleitet. Bei Ausschaltung von CS_t , T_{sh} natürlich ausgeht.

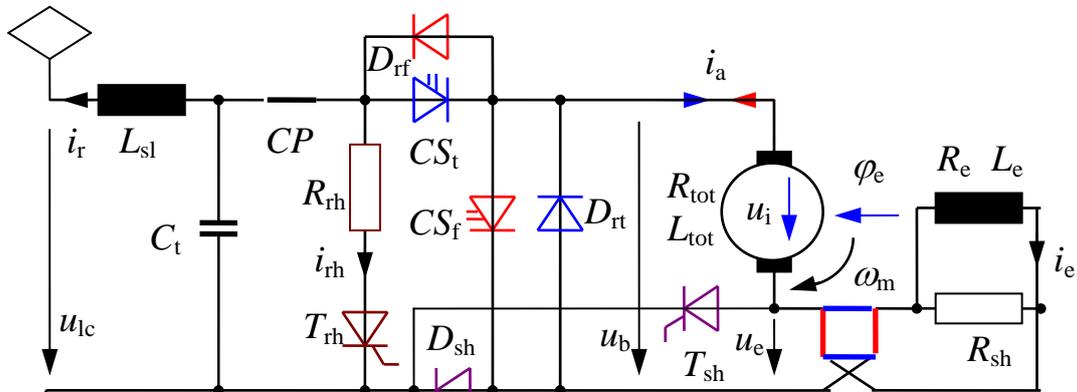


Fig. 4.93 Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Fahren mit Feldschwächung.

Die Charakteristik steht auf Bild 4.97.

In Gegenteil zur Widerstand-Steuerung zerstreut die Gleichstromsteller-Steuerung keine Energie in einem Widerstand. Der Wirkungsgrad des Antriebs ist viel besser bei Anfahrt. Man soll trotzdem den Wirkungsgrad des Gleichstromstellers nicht vergessen: Kommutationsverluste und Leitungsverluste in Halbleiter. Die letzten Gleichstromstellern haben euer Wirkungsgrad an 98 % in der ganzen Betriebsebene, inbegriffen bei Vollöffnung. Der Wirkungsgrad der ersten Gleichstromstellern (1970 – 1980) war unter 95 %. Man weiss dass ein Motor, für eine bestimmte Nennleistung berechnet, kann kürzlich ein höhere Leistung führen. Diese Möglichkeit ist viel bei Widerstand-Steuerung benützt. Die Halbleiter haben sehr kurze thermische Konstante und eine momentane Überlast – schon eine Fraktion einer Millisekunde – bringt eine zu hohe Temperatur und das Zerstören des Halbleiters. Die Berechnung des Gleichstromstellers hängt an der **maximalen** Leistung des Triebfahrzeuges und nicht der Nennleistung der Triebmotoren.

Bei Widerstandsbremse nützt man auch Shunt-Erregung: die Erregungsenergie ist zuerst aus der Batterie bekommen, und dann in Ausschlag der Bremswiderstand. (CSD : 363).

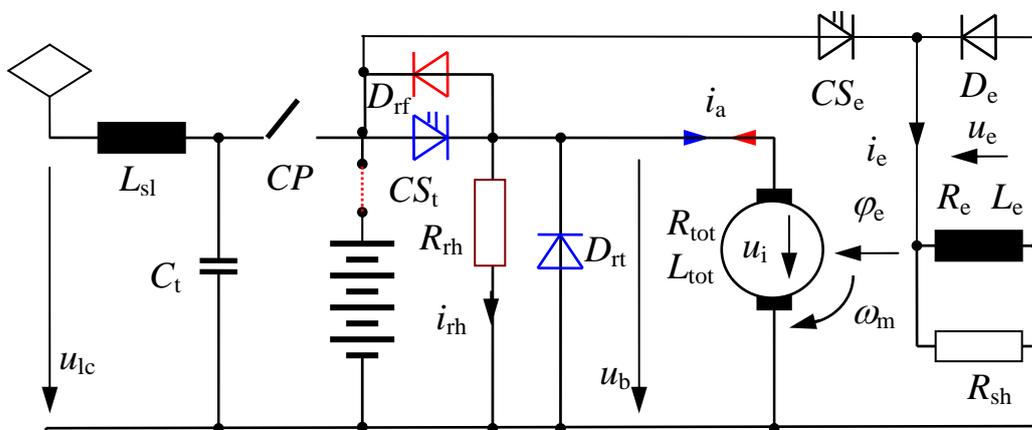


Fig. 4.95 Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Fahren mit Fremderregung.

Fig. 4.88B Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Widerstandsbremse mit Shunt-Erregung.

Die Charakteristik ist gleich wie bei Fremderregung (fig. 4.90C).

Die Schaltung mit automatischer Feldschwächung wurde auch benützt. Die Steuerung ist so vereinfacht: nur der Hauptgleichstromsteller soll gesteuert werden. Die Erregung erfolgt durch den Ankerstrom sofern der Hauptgleichstromsteller blockiert ist. Wenn diese Zeitdauer sehr kurz ist nützt es nicht für eine volle Erregung. Die Schaltung geht zur Feldschwächung.

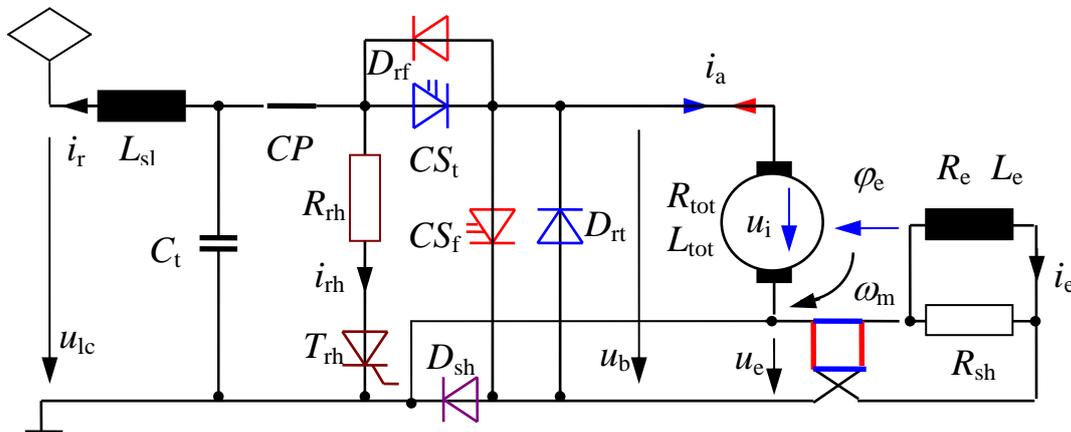


Fig. 4.98 Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Fahren mit automatischer Feldschwächung..

Die Charakteristik ist gleich wie Bild 4.97, aber die Grenze zwischen Vollfeld und Feldschwächung ist sehr unscharf. (NStCM: Be 4/4). Die Vollöffnung liegt hier an der äusseren Kurve der Charakteristik.

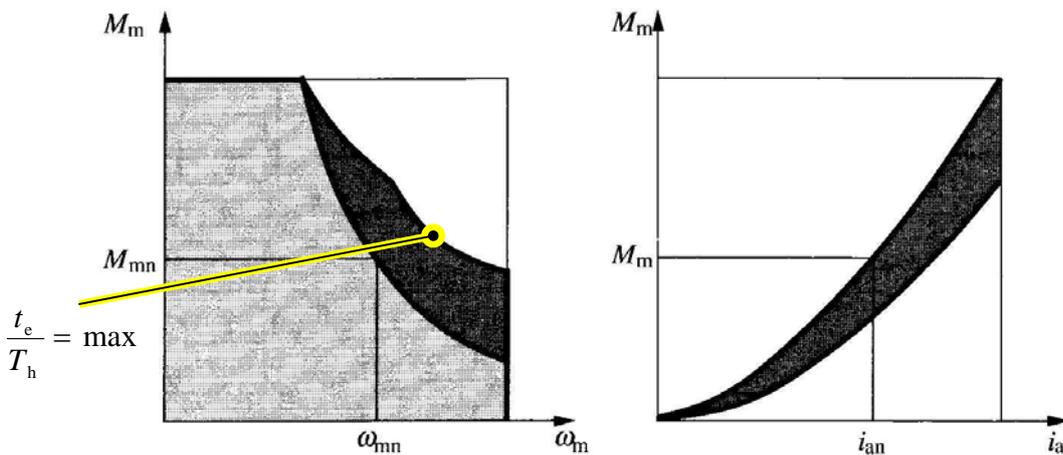


Fig. 4.97C Gleichstrommotor und Gleichstromsteller: Charakteristik in Fahren mit automatischer Feldschwächung..