

4.5 Asynchronmotor

Trotz seiner einfachen Herstellung kam spät in grosser Anwendung in die Zugförderung. Die Leistungselektronik hat erlaubt ein dreiphasiges Spannungssystem mit variabler Frequenz aus Gleichstrom – in der Fahrleitung oder dem Zwischenkreis – zu erzeugen. Auf Bild 4.164 hat man ein Prinzipschaltbild gezeigt, mit Gleichspannungszwischenkreis, wie es ab 1990 benutzt wird. Jeder Zweig enthält zwei statische Schütze, die die u_d Spannung taktet, um eine Sinus-Welle zu erzeugen. Um die Oberschwingung zu begrenzen soll die Taktfrequenz mindestens 20 Mal grösser als die höchste Frequenz des dreiphasigen Systems gewählt werden. Früher hatte man auch Antriebe mit Gleichstromzwischenkreis gewählt. Die Wechselrichter, mit alten Halbleitern, benützten Phasefolgesteuerung. Ein Gleichstromsteller war nötig zwischen der Fahrleitung und dem Zwischenkreis. Weiter wird die Entwicklung eines Zweigs – mit Punkt-Strich-Linie auf Bild 4.164 gerahmt – geschaut.

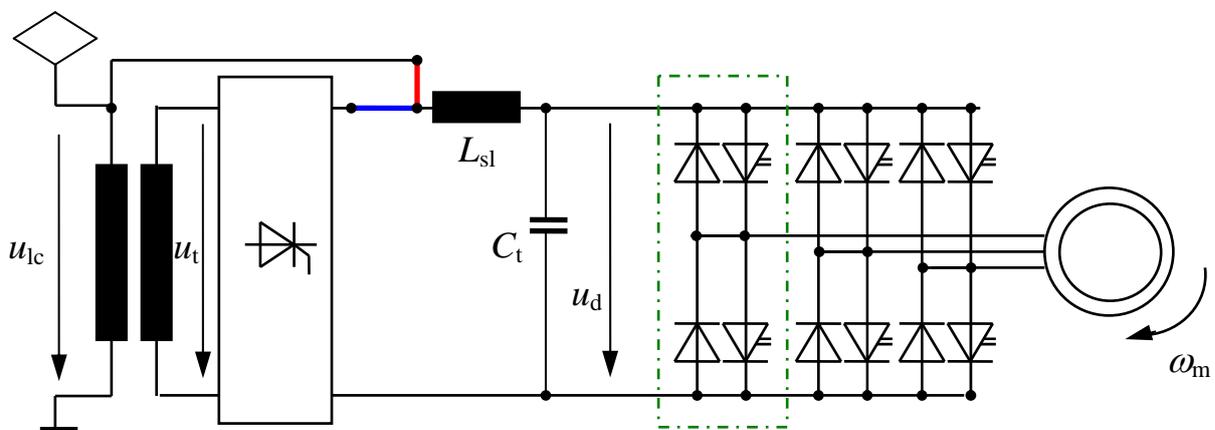


Fig. 4.164A Asynchronmotor und dreiphasiger Wechselrichter für Gleichstrom- oder Wechselstromfahrleitung: Prinzipschaltbild.

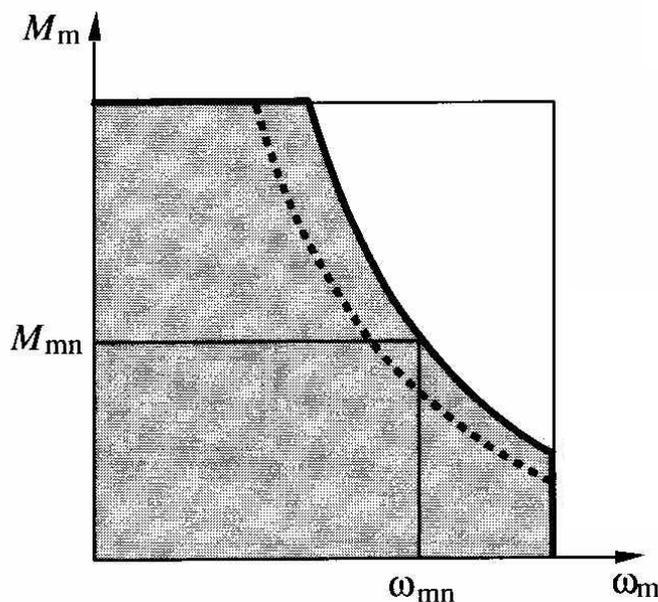


Fig. 4.164B Asynchronmotor und dreiphasiger Wechselrichter: Kennlinien in Fahren und Bremsen.

Asynchronmotor ist nicht nur einfacher als Gleichstrommotor – kein Kollektor – sondern auch seine Leistungsdichte ist höher. Dazu, es braucht kein Schütze um von Fahren zu Bremsen umzuschalten:

- Wenn die Umrichterfrequenz höher als der Drehzahl der Asynchronmaschine ist, diese läuft als Motor und der Umrichter als Wechselrichter. Das ist Fahrbetrieb.
- Wenn die Umrichterfrequenz kleiner als der Drehzahl der Asynchronmaschine ist, diese läuft als Generator und der Umrichter als Gleichrichter. Das ist Bremsbetrieb.

Unter Einphasen-Wechselstrom soll der Einphasen-Brücke fähig sein, als Wechselrichter zu betreiben. Für die Widerstandsbremse soll die Schaltung mit einer Widerstand und einer statischen Schütze ergänzt, um die Bremsenergie in Hitze zu transformieren.

Mit klassischen Thyristoren sollte man für Ventilbauelement-Kommutierung ein Kommutierungskreis mit Thyristoren, Kondensatoren und Induktorspulen einbauen. Die GTO, mit eurer Fähigkeit mit negativem Puls auf dem Steueranschluss entzündet zu werden, erlaubten eine gute Vereinfachung des Zweigskreis. Die Erhöhung der Sperrspannung und der Stromleitung erlaubte weiteren Vereinfachungen. Die IGBT haben später mit weiteren Fortschritten verfolgt. Sie werden für hohen Leistungen nur ab ~2000 benutzt. Euere Steuerungsleistung ist niedriger als jener den GTO. Dazu sind die Kommutierungs- und Leitungsverluste niedriger. In Gegenteil zu GO dürfen die IGBT ohne Schwierigkeiten in Parallel geschaltet werden.

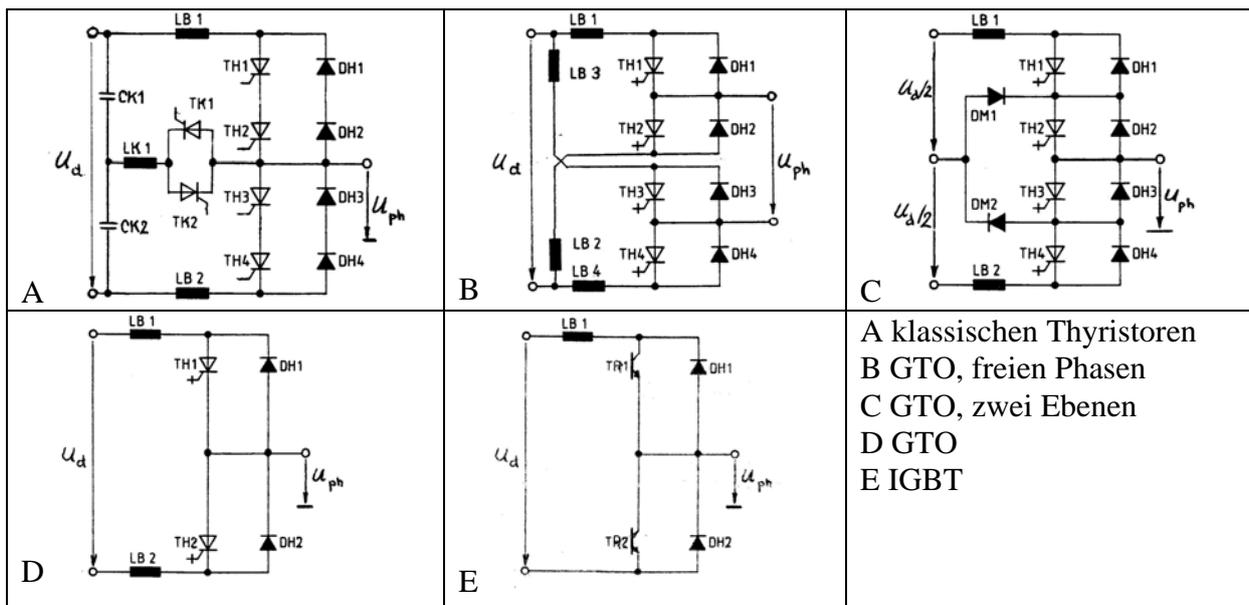


Fig. 4.167 Architekturen der Umrichterzweige.

Die Zweigsteuerung hat auch vorgerückt, wegen den Halbleitereigenschaften und bleibt jetzt an Unipolar-Steuerung.

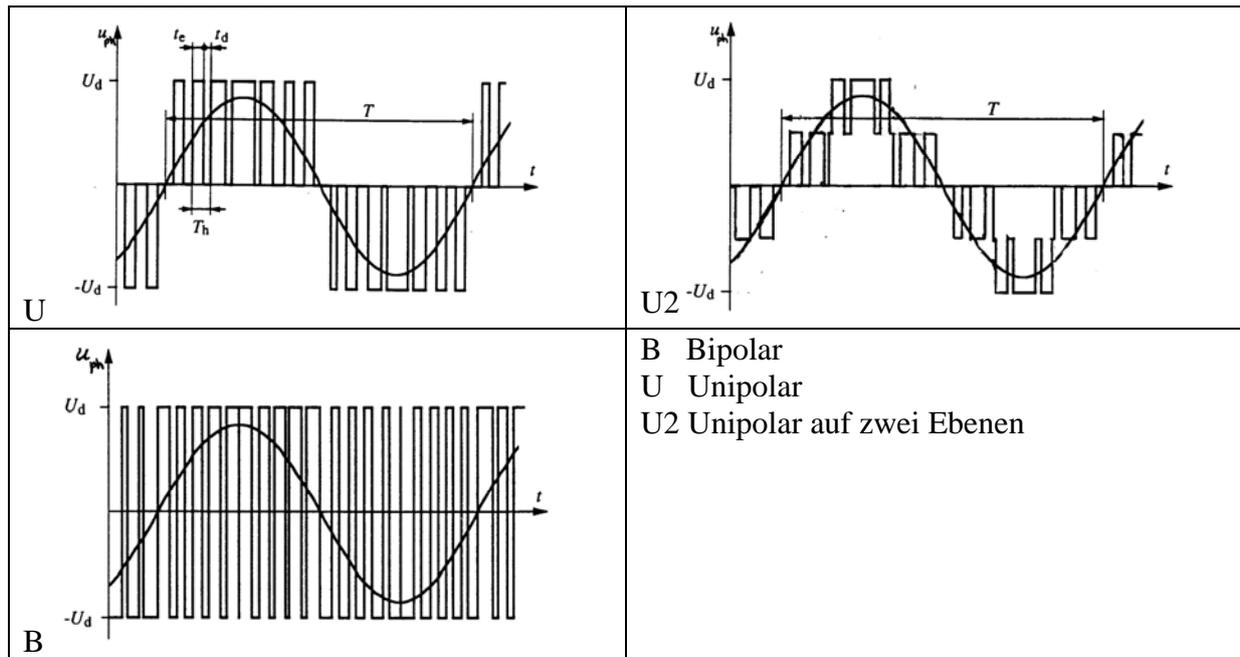


Fig. 4.168 Steuerungen der Umrichterzweige.

Zweig	A	B	C	D	E
Dioden	8	4	6	2	2
Halbleitern	18 Thy	4 GTO	4 GTO	2 GTO	2 IGBT
Selbs	4	4	2	1	1
Kondensatoren	2	0	0	0	0
Steuerung	B	B	U2	U	U
Leistung [MW]	0,3 – 0,5	0,5	0,4 – 1	0,3 – 0,9	0,5 – 0,9
Anfangsjahr	1979	1987	1990	1992	(1997) 2004
Beispiele	DB : 120 NSB: E117 DSB: EA3000	BT: Re 456 CFF: Re 450	CFF: Re 460 ÖBB : 1822 FS: ETR500	BLS: Re 465 SNCF : BB 36000 DB : 185	(ABB: 12X) DB : 185.2 SNCF : BB 447000

Fig. 4.168 & 4.167 Umrichterzweige : Beispiele.

Am Anfang hat man Wechselrichter mit Phasefolgesteuerung benützt. In diesem Fall brauchten Thyristoren kein Ventilbauelement-Kommutierung.

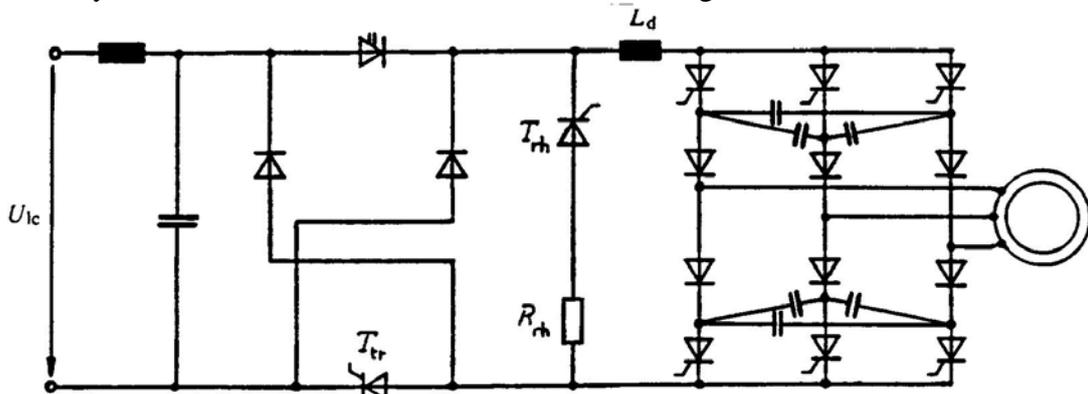


Fig. 4.165 Zweirichtung I-Umrichter für Gleichstromspannung an der Fahrleitung. (SNCF : Z20500).

Die übliche Form heute (ab 2005) ist der U-Umrichter. Unter Gleichstrom darf der Umrichter direkt an der Fahrleitung durch ein LC-Filter gespeist werden. Unter Wechselspannung sind die Zweige der einphasigen Brücke sehr einfach (Fig. 4.167D), identisch wie jenen der dreiphasigen Brücke.

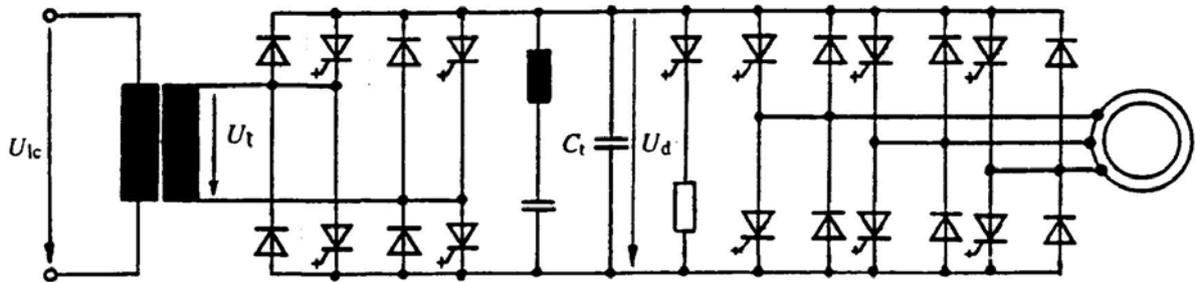


Fig. 4.166A Zweirichtung U-Umrichter für Wechselstromspannung an der Fahrleitung (BLS : Re 465).

Während der Entwicklung hat man auch ein Zwischenkreis mit Mittelpunkt benützt, um eine hohe Sperrspannung zu garantieren.

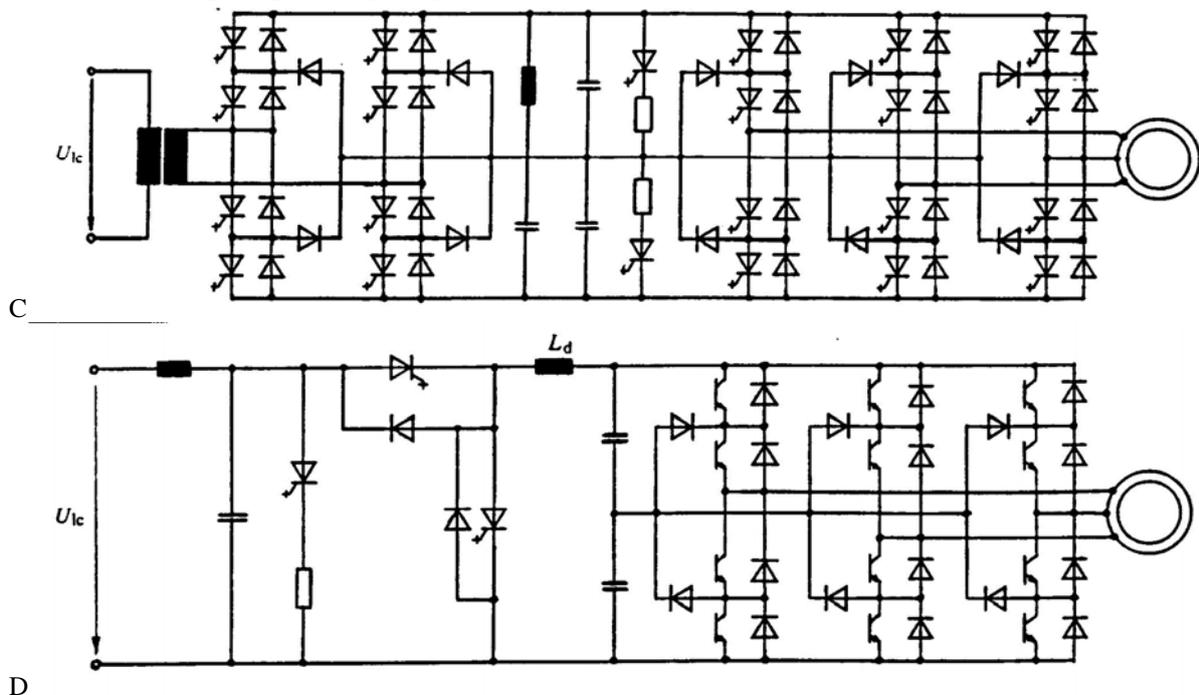


Fig. 4.166 C GTO Zweirichtung U-Umrichter für Wechselstromspannung an der Fahrleitung (CFF : Re 460).

D IGBT Zweirichtung U-Umrichter für Gleichstromspannung an der Fahrleitung (JNR : 207).

Man kann jetzt sagen dass die Schaltungen jetzt mit IGBT, gemäss Bild 4.166A, gebaut würden. Man kann somit so hohe Leistung wie GTO, mit niedrigeren Verlusten und niedrigem Gewicht führen.

An frühen Anfang hat man Einphasen-Umrichter benutzt die gleich wie jenen für Gleichstrommotor gebaut wurden. Seit langem sind sie auch pulsierenden Umrichter (Taktfrequenz 20 Mal die Netzfrequenz) mit Zweigen die mit jenen der Motor-Umrichter umtauschbar sind. Unter 3 kV kann man den 3,8kV-Zwischenkreis direkt speisen (SNCF: BB 447000) oder durch einen Gleichstromsteller der aus rekonfigurierten Umrichterzweigen gebaut wird (CFF: Re 484: Zweistromvariante der DB 185.2).