

4.5 Moteur asynchrone

Malgré sa simplicité de fabrication, le moteur asynchrone n'a pu trouver son essor en traction électrique que par le développement de l'électronique de puissance qui a permis de créer un système triphasé de tensions à fréquence variable à partir d'une tension continue : ligne de contact ou circuit intermédiaire. A la figure 4.164, on a présenté le schéma de principe – à circuit intermédiaire à tension continue – pour les réalisations dès de 1990. Chaque branche contient deux contacteurs statiques qui pulsent la tension u_d pour former une onde sinusoïdale (et des harmoniques). Pour limiter les harmoniques, la fréquence de pulsation doit être au moins 20 fois supérieure à la plus grande fréquence du réseau triphasé. Auparavant, avec les semi-conducteurs des premières génération, on avait aussi adopté des réalisations avec circuit intermédiaire à courant continu et des onduleurs à commutation de phase. Dans ces premières réalisations, il était nécessaire d'intercaler un hacheur entre la ligne de contact et la tension d'alimentation du convertisseur triphasé. L'évolution de l'architecture et du mode de commande d'une branche – encadrée en trait mixte à la figure 4.164 – sera exposée plus loin.

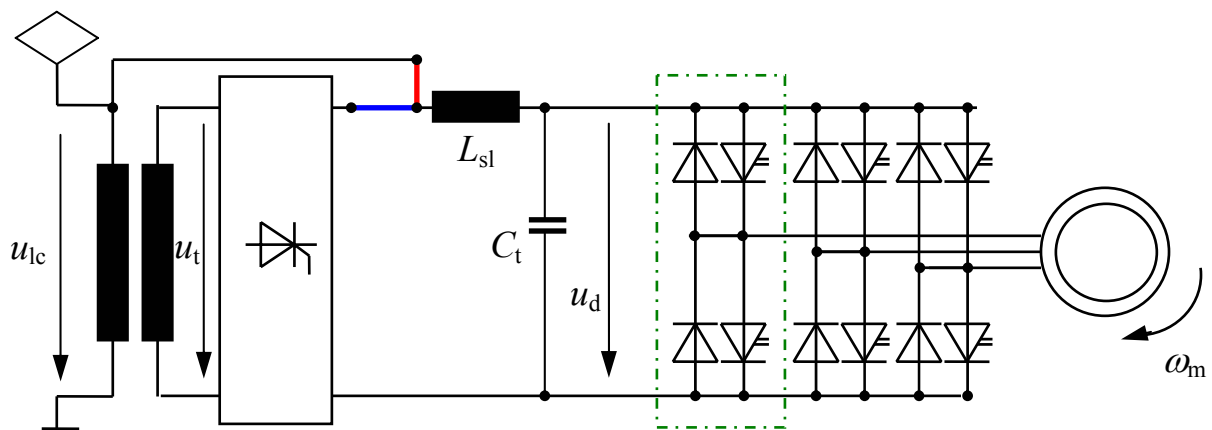


Fig. 4.164A Moteur asynchrone et convertisseur triphasé pour ligne de contact à **tension continue** ou **monophasée**. Schéma de principe.

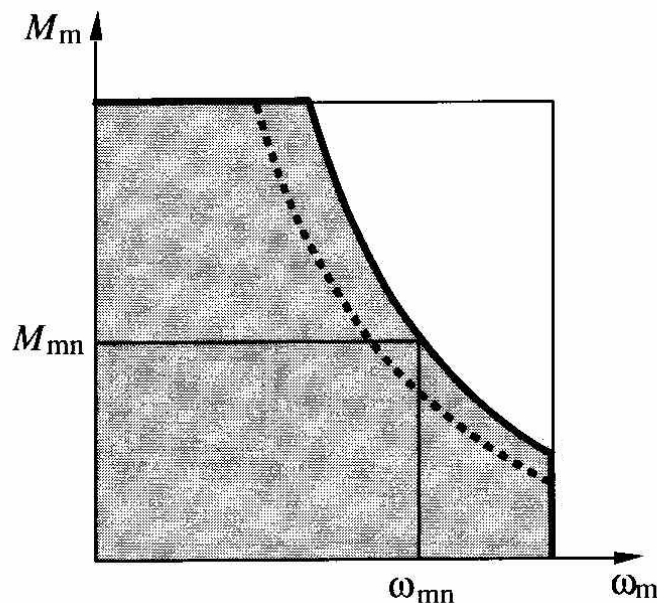


Fig. 4.164B Moteur asynchrone et convertisseur triphasé: caractéristiques en fonction de la vitesse.

Non seulement le moteur asynchrone a une complexité moindre que celle du moteur à courant continu – pas de collecteur – mais sa puissance massique est plus élevée. Par ailleurs, il ne nécessite pas de contacteurs de changement de couplage pour passer de traction à freinage :

- Si la fréquence du convertisseur est plus grande que la vitesse de la machine asynchrone, celle-ci fonctionne en mode moteur et le convertisseur en onduleur. C'est le régime traction.
- Si la fréquence du convertisseur est plus faible que la vitesse de la machine asynchrone, celle-ci fonctionne en mode générateur et le convertisseur en redresseur. C'est le régime freinage.

En monophasé, pour le régime de freinage à récupération, le pont monophasé côté ligne de contact doit être apte à fonctionner en onduleur. Pour le freinage rhéostatique, il faut compléter le schéma par une résistance et un contacteur statique qui permettent de transformer sur place la puissance de freinage en puissance thermique.

Avec les thyristors classiques, pour pratiquer la commutation forcée, il fallait installer un circuit d'extinction formé de thyristors, self et condensateurs. Les GTO, grâce à leur faculté de pouvoir être éteints par une impulsion négative sur leur gâchette, on permis une singulière simplification du schéma d'une branche. L'augmentation de la tension de blocage et du courant de conduction pour un seul GTO a permis une poursuite de la simplification. Les IGBT ont suivi la même progression, mais avec retard. Ce n'est que plus récemment qu'on a pu les appliquer aux puissances élevées. Leur commande en tension nécessite des puissances beaucoup plus faibles que celles des GTO, en outre, leurs pertes en conduction et en commutation sont plus faibles. Contrairement aux GTO, les IGBT peuvent être montés en parallèle sans difficulté.

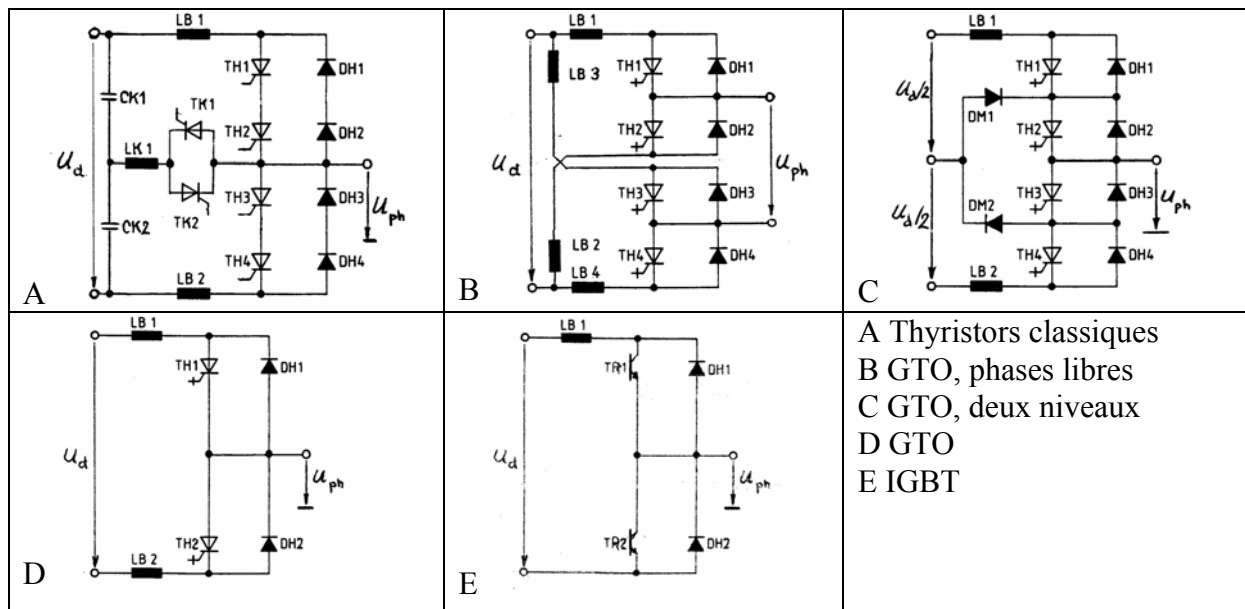


Fig. 4.167 Architectures de branches d'onduleur.

La commande des branches des convertisseurs à pulsation a, elle aussi, évolué en fonction de la rapidité des semi-conducteurs pour se stabiliser à la commande unipolaire.

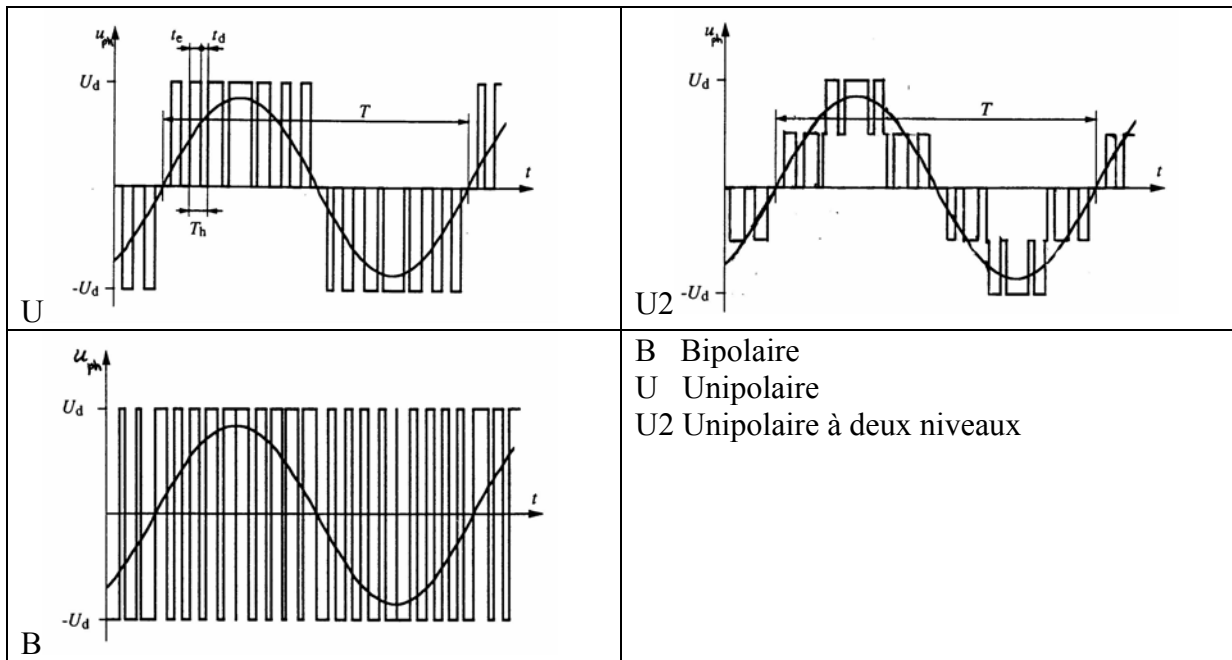


Fig. 4.168 Commandes de branches d'onduleur.

Branche	A	B	C	D	E
Diodes	8	4	6	2	2
Semi-conducteurs	18 Thy	4 GTO	4 GTO	2 GTO	2 IGBT
Selfs	4	4	2	1	1
Condensateurs	2	0	0	0	0
Commande	B	B	U2	U	U
Puissance [MW]	0,3 – 0,5	0,5	0,4 – 1	0,3 – 0,9	0,5 – 0,9
Année de début	1979	1987	1990	1992	(1997) 2004
Exemples	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 Exemples de branches d'onduleur.

Les premières réalisations ont fait appel à des ponts à commutation par séquence de phase, ce qui permettait d'utiliser les thyristors classiques sans dispositif d'extinction forcée.

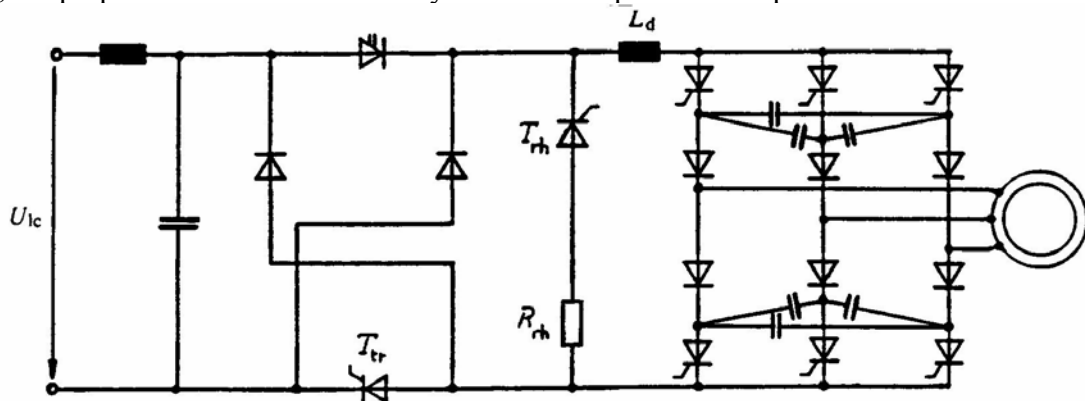


Fig. 4.165 Convertisseur I bidirectionnel pour ligne de contact à courant continu (SNCF : Z20500).

La forme la plus courante actuellement (2005) est le convertisseur U. En courant continu, le convertisseur triphasé est branché à la ligne de contact à travers un filtre LC. Les branches du pont monophasé, très simples (Fig. 4.167D), sont identiques à celles du pont triphasé.

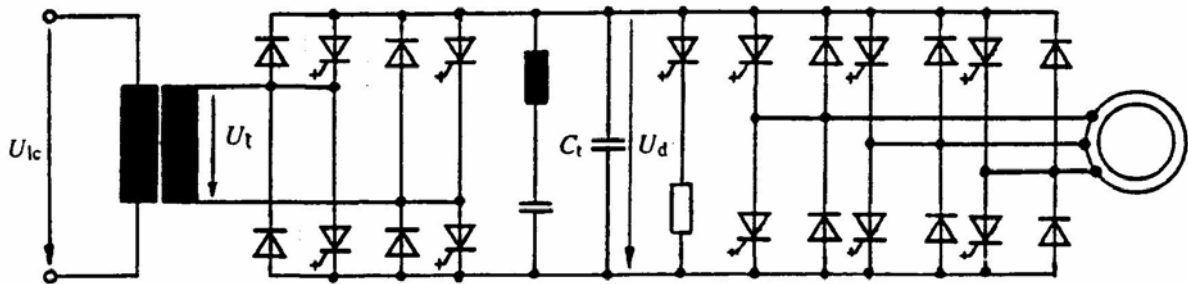


Fig. 4.166A Convertisseur U bidirectionnel pour ligne de contact monophasée (BLS : Re 465).

Dans le développement, on a eu recours au circuit intermédiaire à point milieu, pour garantir une tension de blocage suffisante avec les composants alors disponibles.

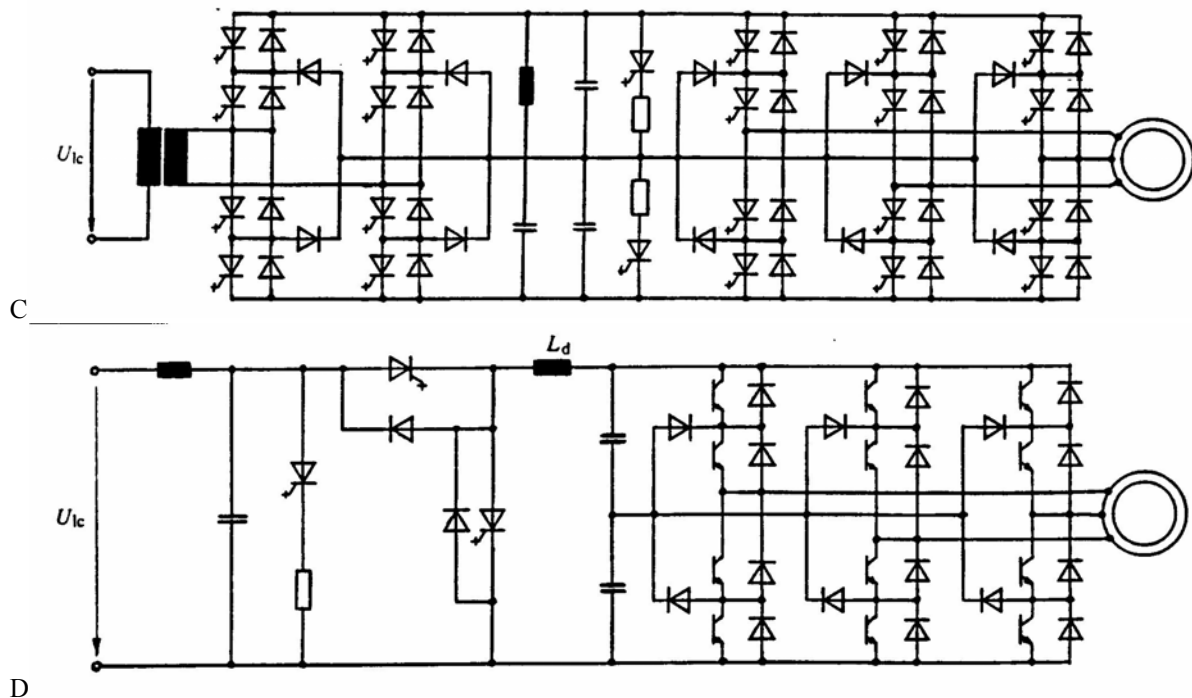


Fig. 4.166 C Convertisseur U bidirectionnel à GTO pour ligne de contact monophasée (CFF : Re 460).

D Convertisseur U bidirectionnel à IGBT pour ligne de contact à courant continu (JNR : 207).

L'évolution des composants permet de prévoir que les réalisations seront désormais à IGBT selon le schéma 4.166A. Cela permet d'égaliser les performances des GTO avec un meilleur rendement et une moindre masse.

Les convertisseurs monophasés, à l'exception des premières réalisations qui utilisaient les mêmes que pour les moteurs à collecteurs, sont aussi à pulsation (20 fois la fréquence de la ligne) et sont formés de branches interchangeables avec celles des convertisseurs côté moteurs. Dans certaines configurations pour ligne de contact à tension continue à 3 kV, les convertisseurs monophasés sont reconfigurés en hacheurs abaisseurs de tension (CFF: Re 484 : version bicourant de la DB 185.2) alors que d'autres admettent un circuit intermédiaire à 3,8 kV (SNCF: BB 447000).