



کنترل محرکه های الکتریکی

فصل ۳ :

مبدل های الکترونیک قدرت مورد استفاده در محرکه ها

دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر

دانشکده فنی

گروه برق

حسن علیپور

کلیدهای الکترونیک قدرت (PESs)

❖ انواع کلیدهای الکترونیک قدرت:

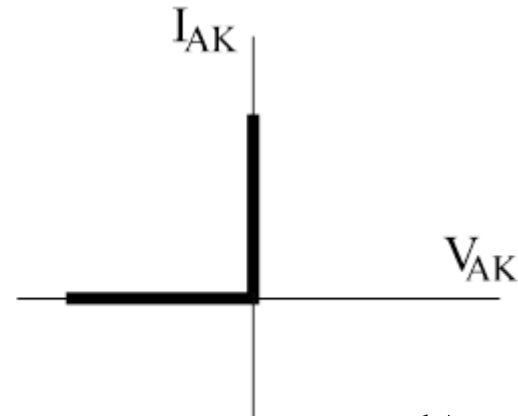
۱. غیرقابل کنترل (uncontrolled)
۲. نیمه کنترل شده (semicontrollable)
۳. تمام کنترل شده (fully controllable)

دیود

- ❖ دیود یک کلید غیرقابل کنترل است که در حالت هدایت جهت جریان از آنند به کاتد است.
- ❖ ولتاژ V_{AK} در حدود ۱ تا ۲ ولت می باشد.
- ❖ دیود در مبدل ها به عنوان یکسو کننده و یا محافظ به کار می رود.



a)



b)

Figure 3.1.; a) The diode symbol, b) and its ideal characteristic

تریستور

- ❖ تریستور یک کلید نیمه کنترل شده است.
- ❖ کاربرد ویژه تریستورها در مبدلهایی است که در سطوح توان بالا به شبکه ac متصل شده اند و فرکانس کموتاسیون آنها پایین است. (در حالت کلی حداکثر ۳۰۰ هرتز)

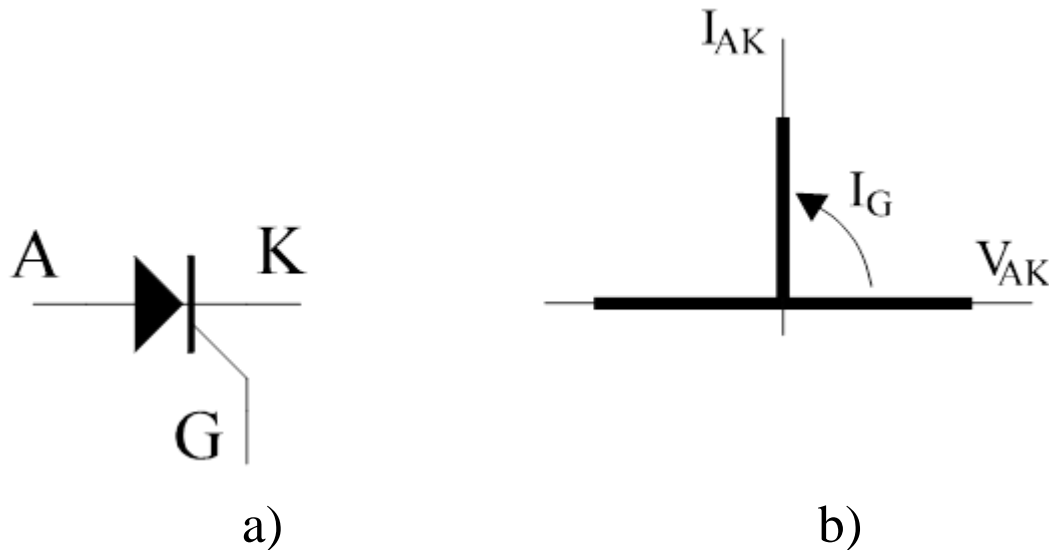


Figure 3.3.; a) The thyristor's symbol, b) and its ideal characteristic

GTO (GATE TURN OF THYRISTOR)

- ❖ GTO یک کلید تمام کنترل شده است.
- ❖ کنترل هدایت مشابه تریستور است.
- ❖ قطع کلید آن با اعمال جریان گیت منفی انجام می شود.
- ❖ این کلیدها در مبدل های با توان بالا جهت اتصال به شبکه ac استفاده می شوند.
- ❖ فرکانس کلیدزنی بیشتر از تریستور بوده ولی در حالت کلی زیر 1 kHz می باشد.

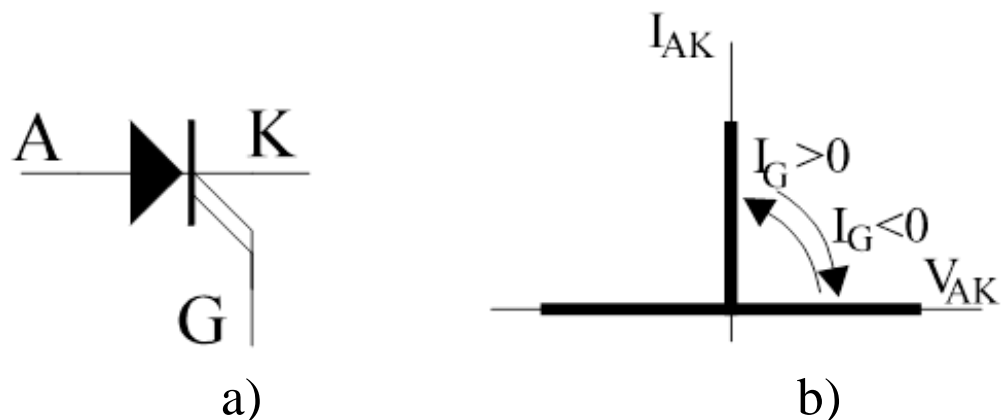


Figure 3.3.; a) The GTO's symbol, b) and its ideal characteristic

BJT (BIPOLAR JUNCTION TRANSISTOR)

- ❖ BJT یک کلید تمام کنترل شده است.
- ❖ فرکانس کلیدزنی بالا و سطح توان پایین و متوسط (حداکثر چند ده کیلووات)
- ❖ مدار قدرت این کلید قادر به تحمل ولتاژ معکوس نیست و کلید فقط در ربع اول کار می کند.

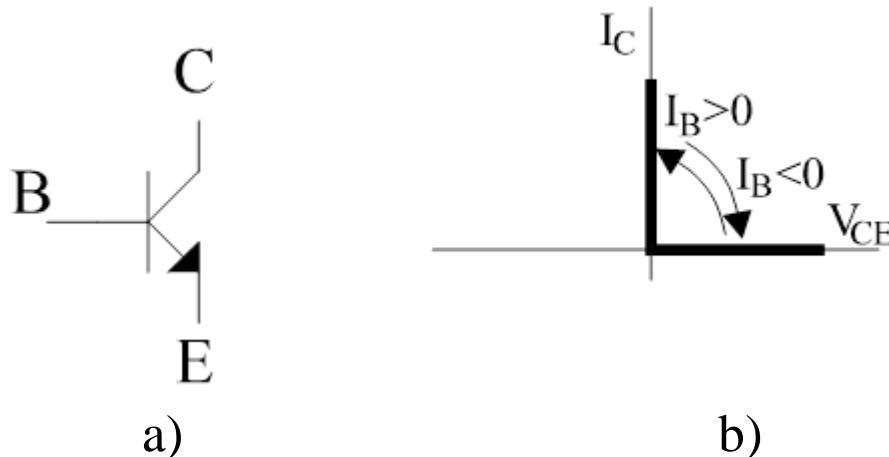


Figure 3.4.; a) The bipolar junction transistor symbol, b) and its ideal characteristic

MOSFET

- ❖ در ماسفت ها کنترل کلید با ولتاژ گیت - سورس انجام می شود. بنابراین توان خروجی مدار فرمان تقریبا صفر بوده و به طور قابل ملاحظه ای ساختار مدار فرمان را ساده می کند.
- ❖ ماسفت ها دارای کمترین زمان کموتاسیون و بالاترین فرکانس کلیدزنی (در حدود چند ده کیلوهرتز) می باشند.
- ❖ محدوده توان و ولتاژ ماسفت ها در سطوح پایین و متوسط قرار دارد.

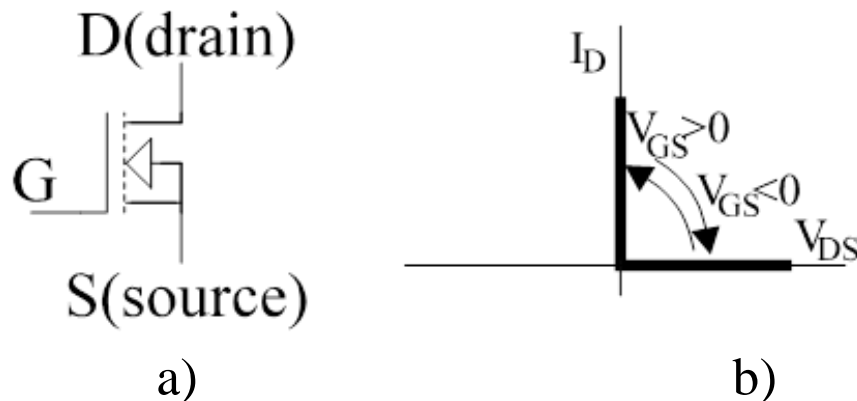


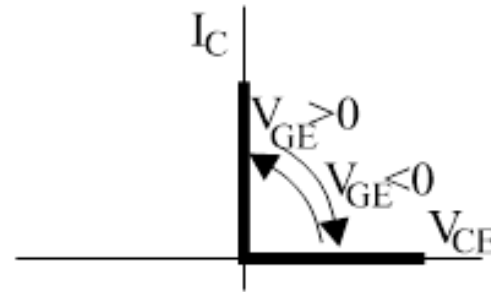
Figure 3.5.; a) MOS transistor symbol, b) and its ideal characteristic

IGBT

- ❖ IGBT دارای مزایای فرمان MOSFET می باشد.
- ❖ زمان کموتاسیون آن پایین بوده (حداکثر فرکانس کلیدزنی ۲۰kHz)
- و نسبت به BJT دارای ولتاژ هدایت پایین تر و گستره توان (جریان و ولتاژ) بالاتری است.



a)



b)

Figure 3.6.; a) IGBT's symbol, b) and its ideal characteristic



انواع مبدل

- AC-DC converters (or rectifiers);
- DC - DC converters (or choppers);
- AC-DC-AC converters (indirect AC-AC converters)-2stages;
- AC- AC converters (direct AC-AC converters-cycloconverters).

یکسو کننده ها

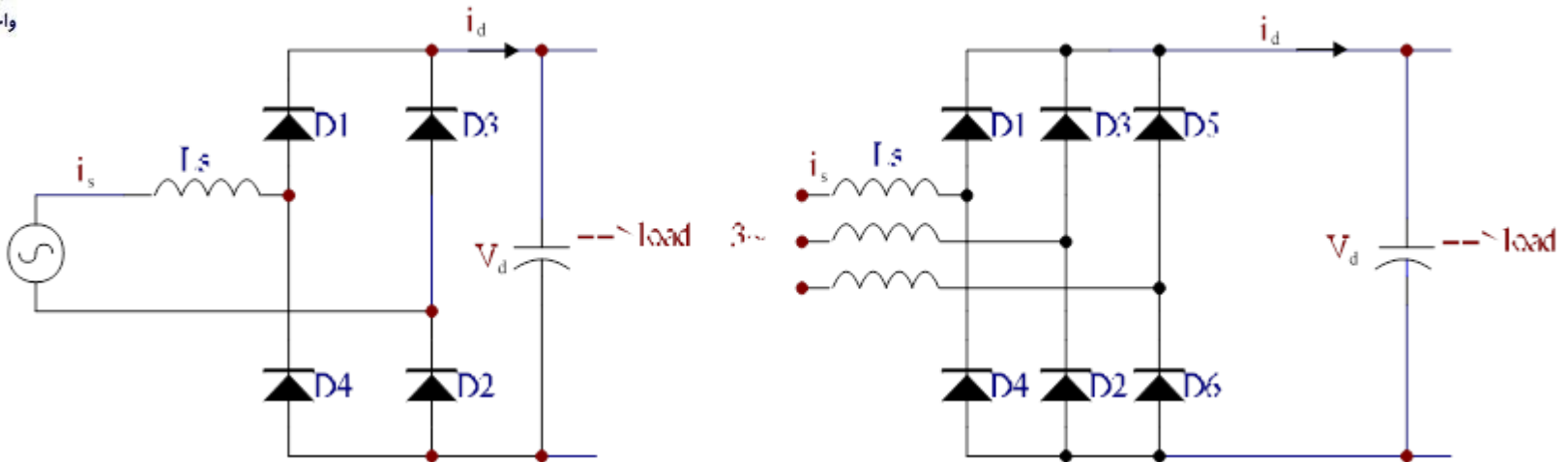


Figure 3.7. Diode rectifier with output filter capacitor; a) single phase, b) three phase

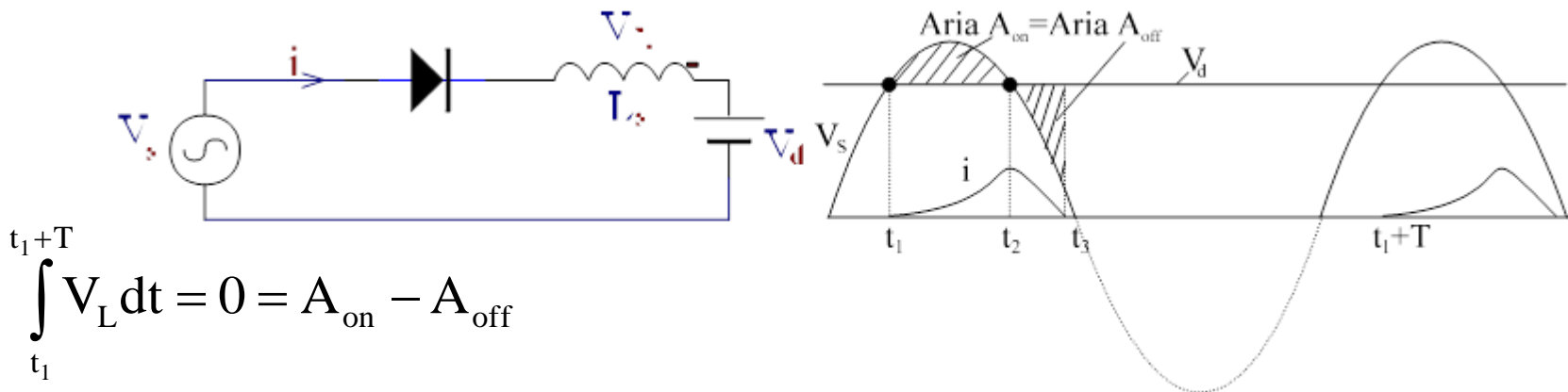


Figure 3.8.; a) Basic rectifier equivalent circuit, b) the voltage and current waveforms

یکسو کننده ها

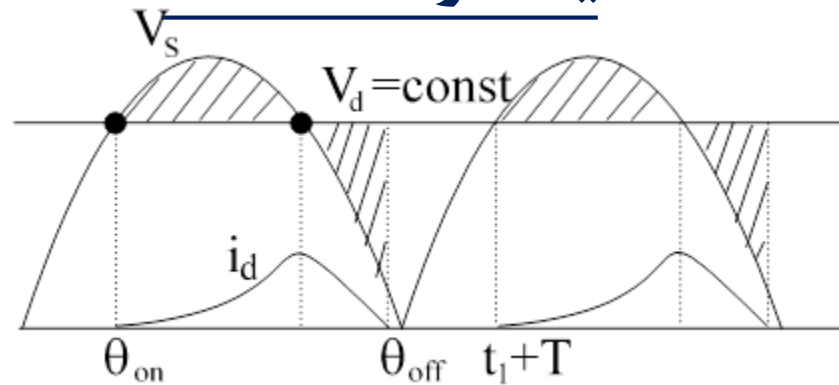


Figure 3.9. Single phase rectifier - the waveforms

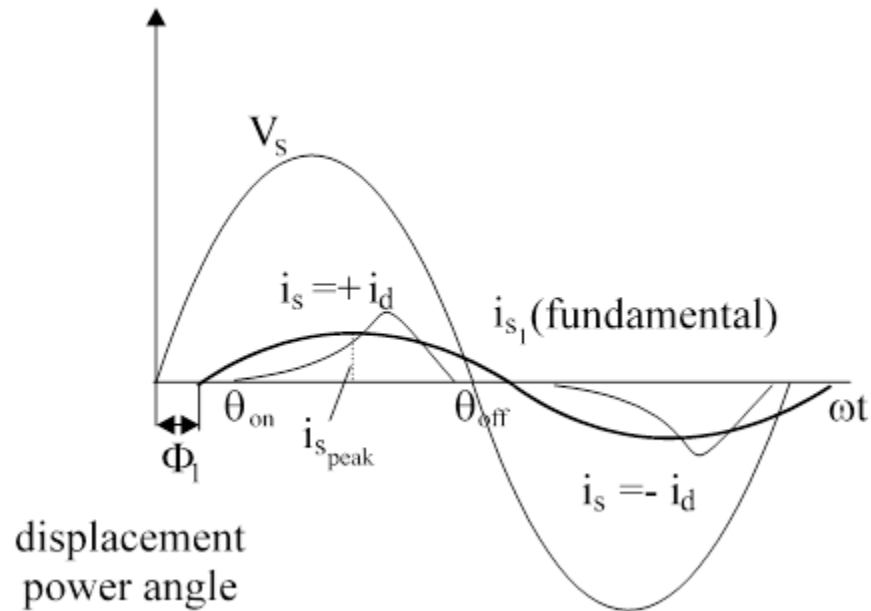


Figure 3.11. Source current shape

هارمونیک های جریان خط در یکسوساز دیودی

$$S = V_s \cdot I_s$$

$$PF = \frac{P}{S}$$

$$P = V_s \cdot I_{s1} \cdot DPF$$

$$PF = \frac{I_{s1}}{I_s} DPF$$

$$I_s = \sqrt{I_{s1}^2 + \sum_{v=2}^{\infty} I_{sv}^2}$$

$$THD \% = 100 \frac{I_{dis}}{I_{s1}}$$

$$I_{dis} = \sqrt{\sum_{v=2}^{\infty} I_{sv}^2}$$

یکسوساز دیودی سه فاز

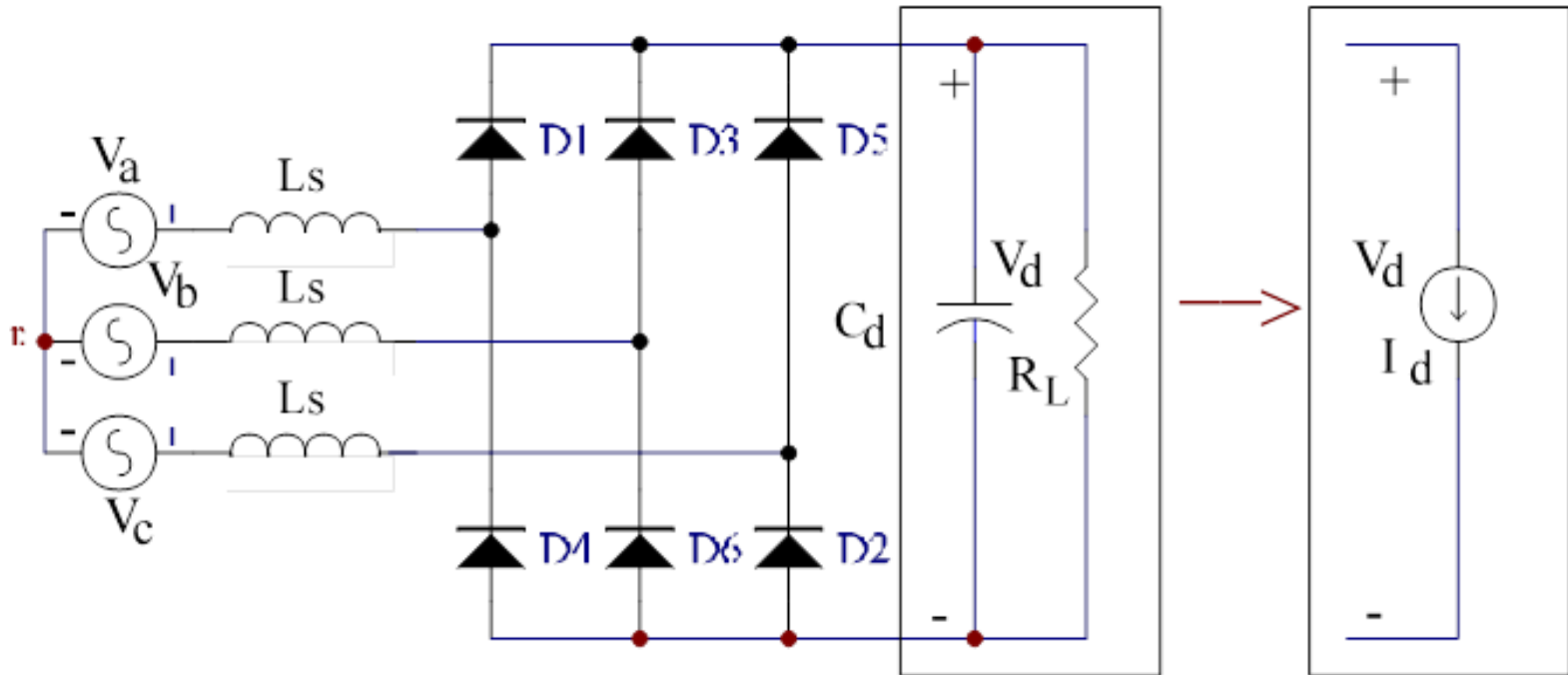
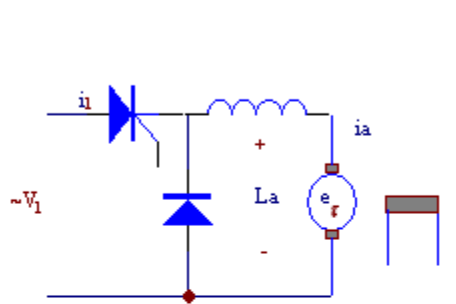
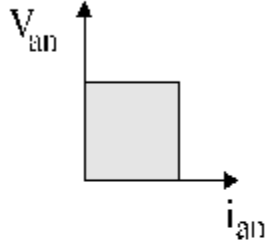
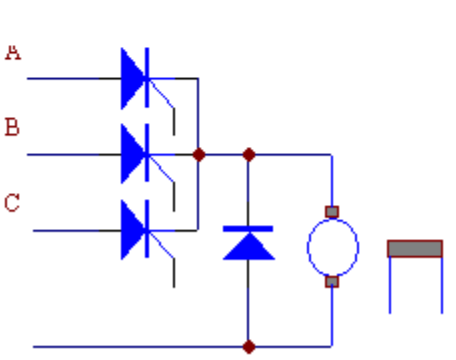
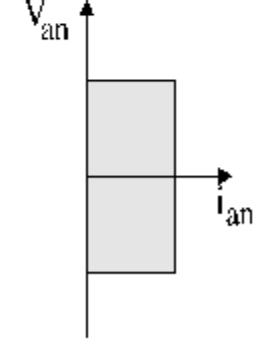


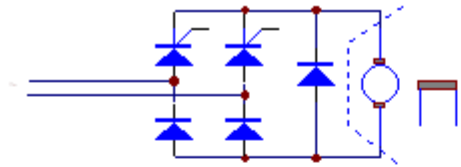
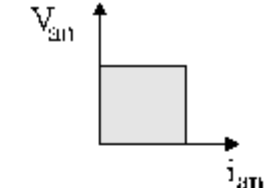
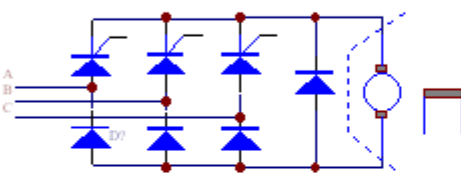
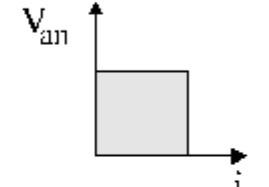
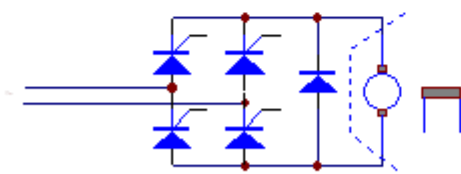
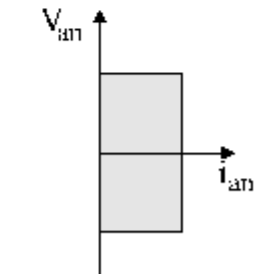
Figure 3.13. Three phase diode rectifier

یکسوسازهای کنترل شده با فاز

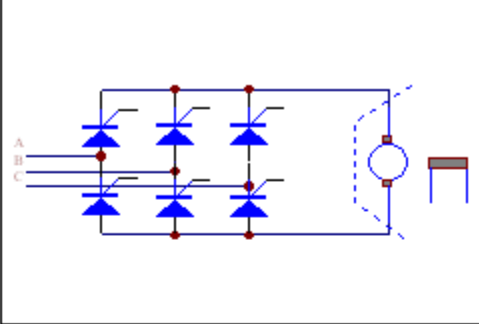
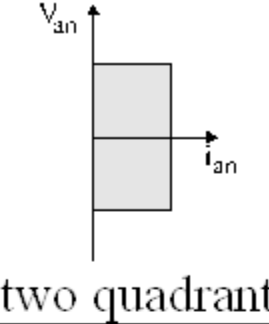
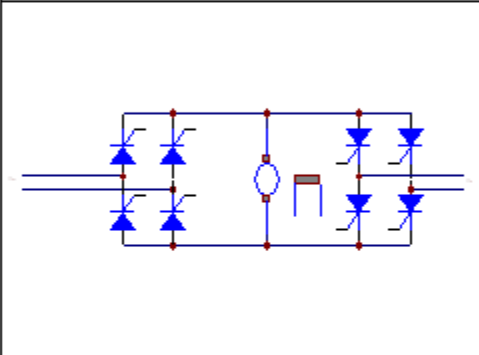
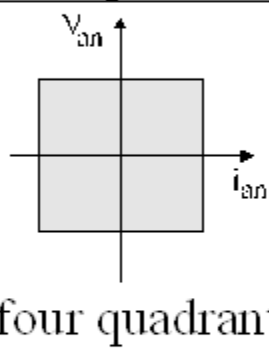
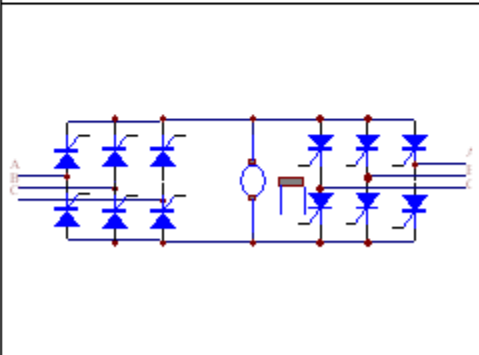
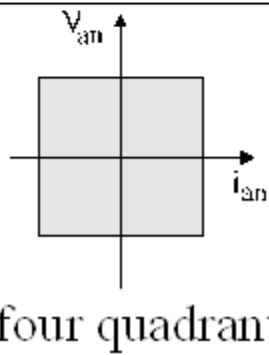
Table 3.1. Phase controlled rectifier circuits

Circuit	type	Power range	Ripple frequency	Quadrant operation
	half wave single phase	below 0.5kW	f_s	 one quadrant
	half wave three phase	up to 50kW	$3f_s$	 two quadrant

یکسوسازهای کنترل شده با فاز

	<p>semi - converter single phase</p>	<p>up to 75kW</p>	<p>$2f_s$</p>	 <p>one quadrant</p>
	<p>semi - converter three phase</p>	<p>up to 100kW</p>	<p>$3f_s$</p>	 <p>one quadrant</p>
	<p>Full converter single phase</p>	<p>up to 75kW</p>	<p>$2f_s$</p>	 <p>two quadrant</p>

یکسوسازهای کنترل شده با فاز

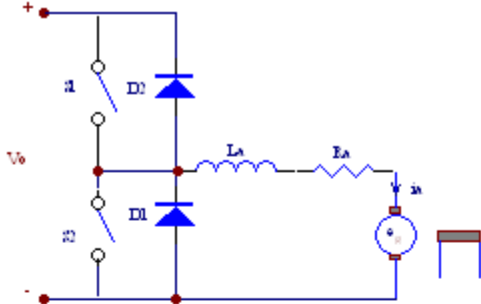
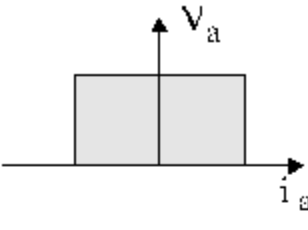
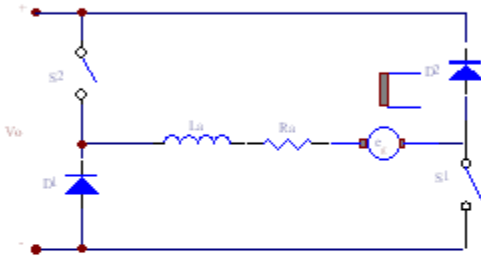
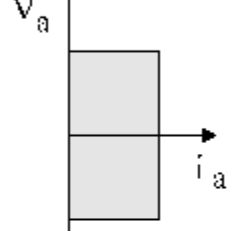
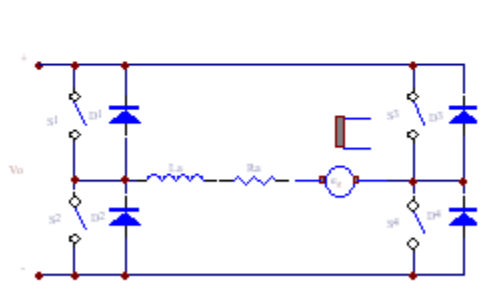
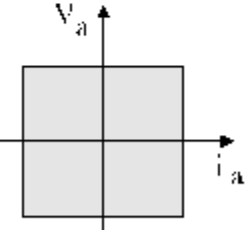
	<p>full converter three phase</p>	<p>up to 150kW</p>	<p>$6f_s$</p>	 <p>two quadrant</p>
	<p>Dual converter single phase</p>	<p>up to 15kW</p>	<p>$2f_s$</p>	 <p>four quadrant</p>
	<p>Dual converter three phase</p>	<p>up to 1500 kW</p>	<p>$6f_s$</p>	 <p>four quadrant</p>

مبدل های DC به DC

Table 3.2. Single phase chopper configurations for DC brush motors

Type	Chopper configuration	$e_a - I_a$ characteristics	Function
First quadrant (step down) choppers			$V_a = V_0$ for S_1 on $V_a = 0$ for S_1 off and D_1 on
Second quadrant, regeneration (step - up) chopper			$V_a = 0$ for S_2 on $V_a = V_0$ for S_2 off and D_2 on

مبدل های DC به DC

<p>Two quadrant chopper</p>			<p> $e_a = V_0$ for S_1 or D_2 on $e_a = V_0$ for S_2 or D_1 on $i_a > 0$ for S_1 or D_1 on $i_a < 0$ for S_2 or D_2 on </p>
<p>Two quadrant chopper</p>			<p> $V_a = +V_0$ for S_1 & S_2 on $V_a = -V_0$ for S_1 & S_2 off and D_1 & D_2 on </p>
<p>Four quadrant chopper</p>			<p> S_4 on & S_3 off S_1 & S_2 operated $V_a > 0$ i_a - reversible S_2 on & S_1 off S_3 & S_4 operated $V_a < 0$ i_a - reversible </p>

برشگر DC به DC چند فاز

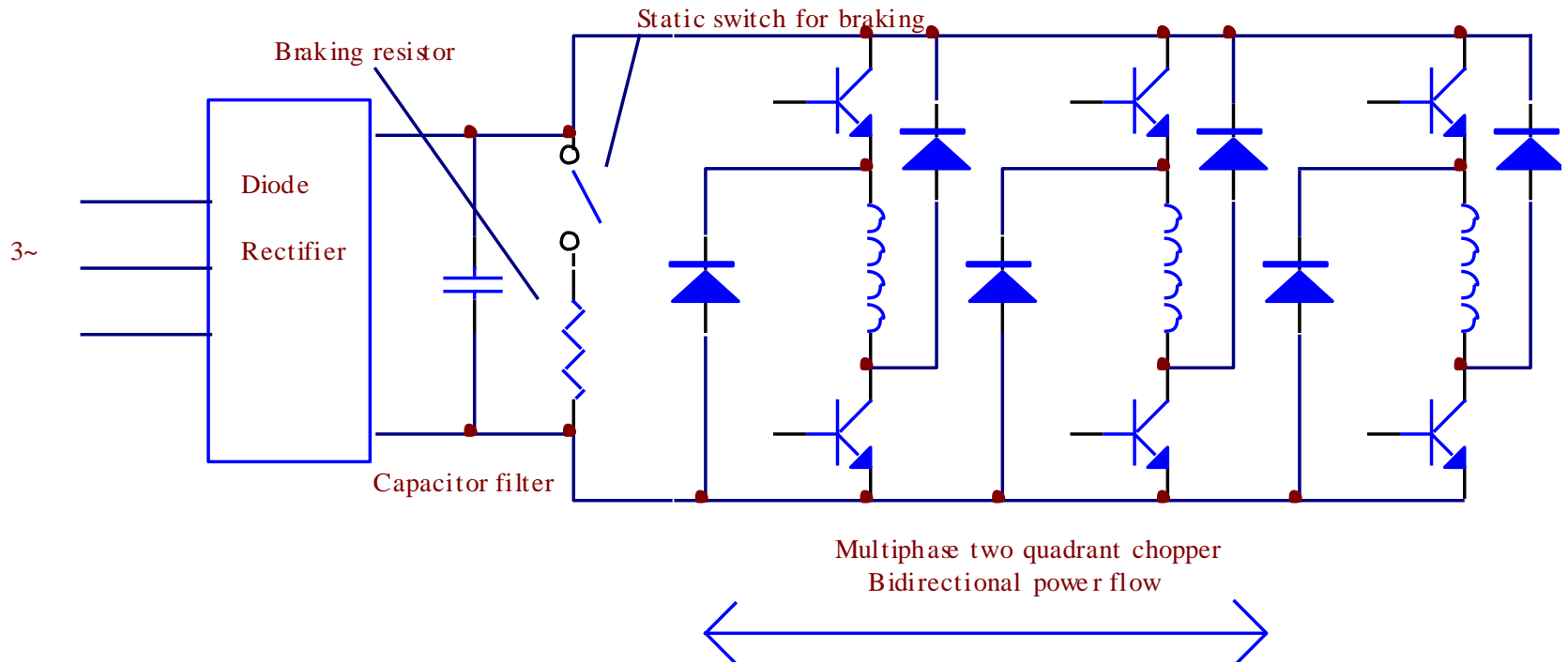


Figure 3.17. Multiphase DC - DC converters for switched reluctance motors



اینورترها

❖ بر دو نوع هستند: منبع ولتاژ و منبع جریان

❖ معمولاً اینورترهای منبع ولتاژ در حالت کلی توسط کلیدهای IGBT و یا GTO ساخته می شوند.

❖ اینورترهای منبع جریان توسط GTO یا تریستور ساخته می شوند و کاربرد آنها در گستره توانی بالا می باشد. (در حد MW و بالاتر)



اینورتر منبع ولتاژ

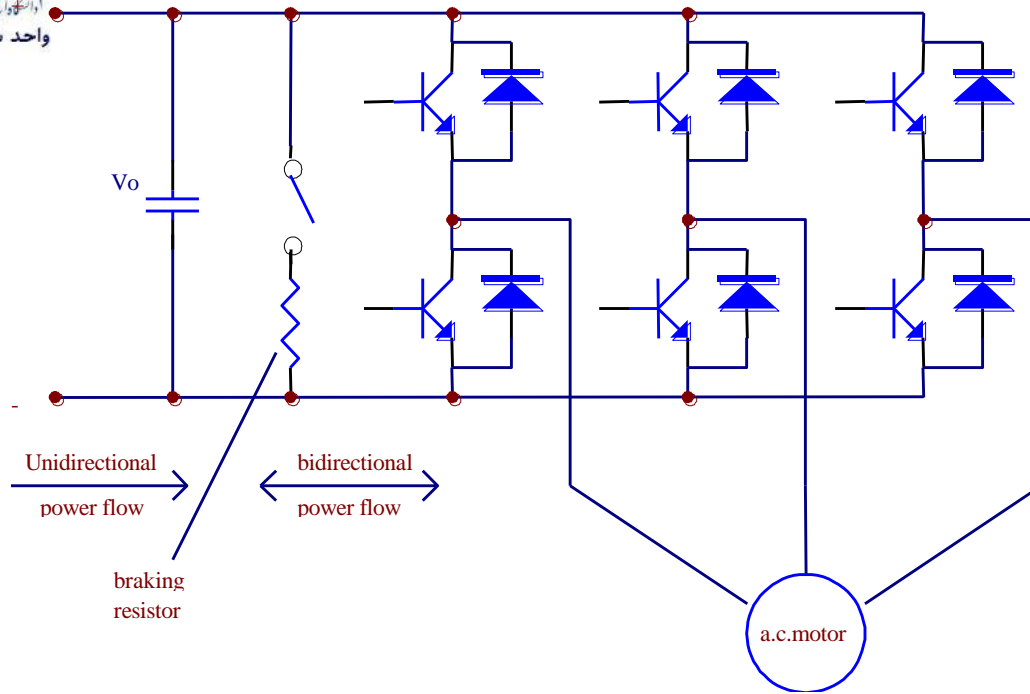
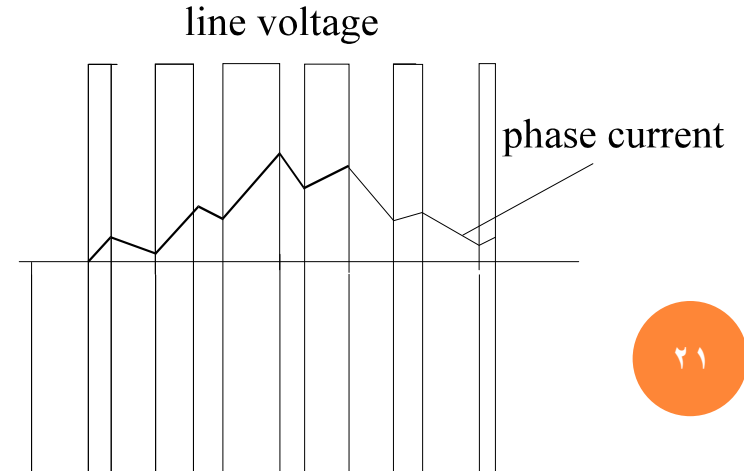


Figure 3.18. Voltage source PWM inverter; a) basic configuration, b) output waveforms



اینورتر منبع جریان

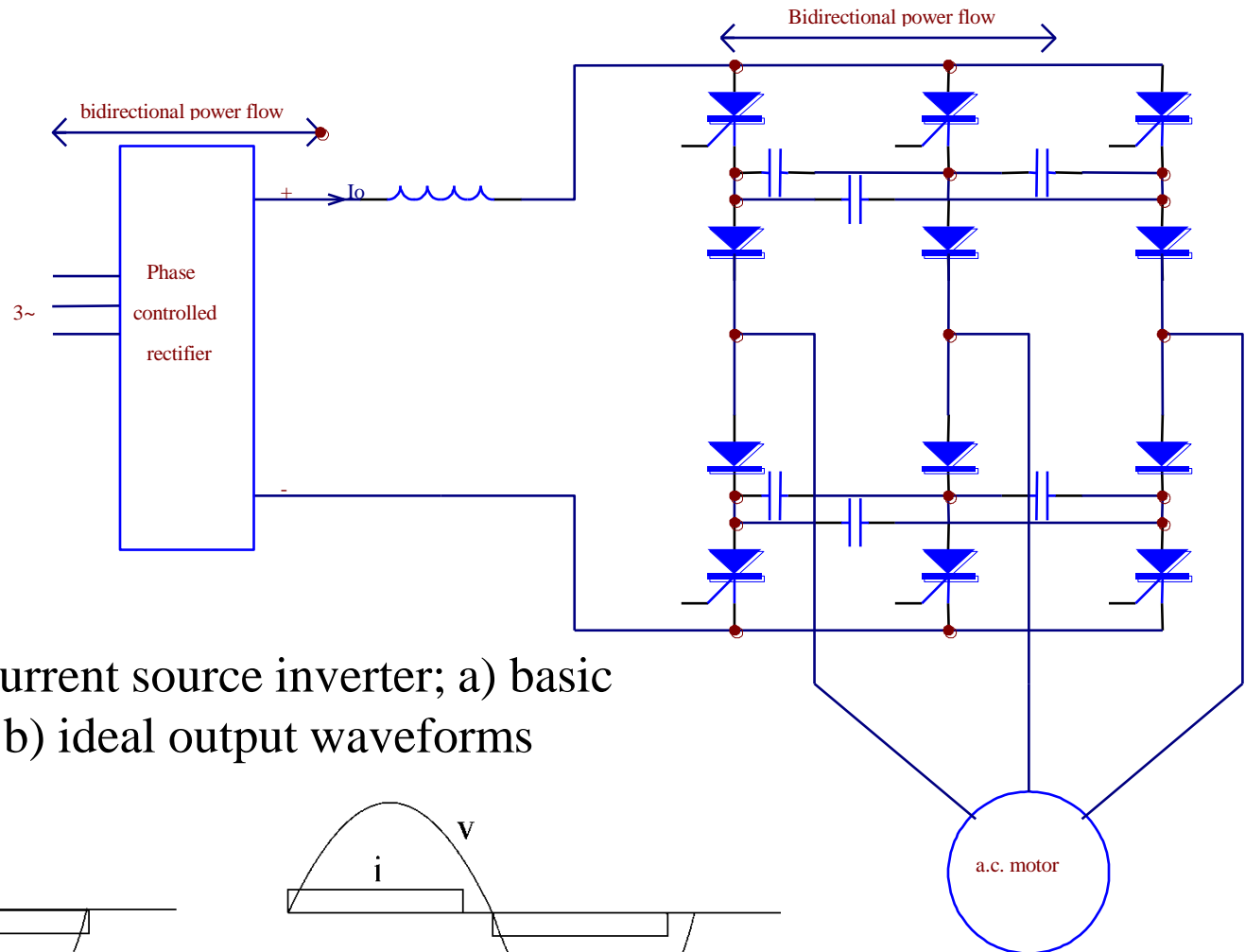
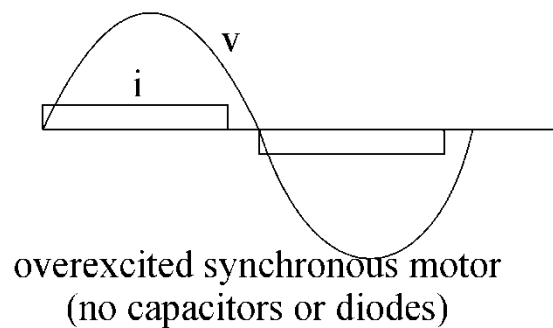
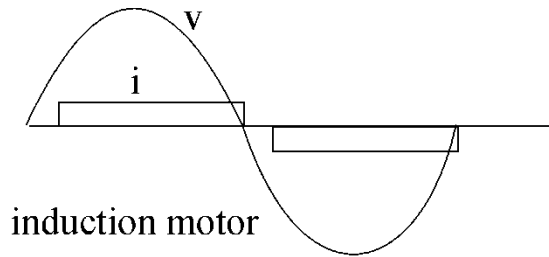


Figure 3.19. Current source inverter; a) basic configuration, b) ideal output waveforms



اینورتر منبع جریان

❖ هنگامی که یک اینورتر منبع جریان برای تغذیه یک موتور القایی با ضریب توان پس فاز به کار می رود، برای کموتاسیون کامل و موفق تریتورها نیاز به دیود و خازنهای کموتاسیون می باشد. در صورت به کارگیری اینورتر جریان برای تغذیه یک موتور سنکرون فوق تحریک، کموتاسیون توسط ولتاژ القایی موتور انجام شده و نیازی به خازنها و دیودهای کموتاسیون نمی باشد.

❖ فرکانس کلیدزنی در اینورترهای منبع جریان نسبت به منبع ولتاژ پایینتر است. بنابراین، شکل موج جریان موتور در اینورترهای منبع جریان دارای اعوجاج و محتوای هارمونیکی بالاتری می باشد. این پدیده باعث گرم شدن بیش از حد موتور و کاهش ظرفیت آن می شود.

اینورتر دو طرفه با ضریب توان واحد

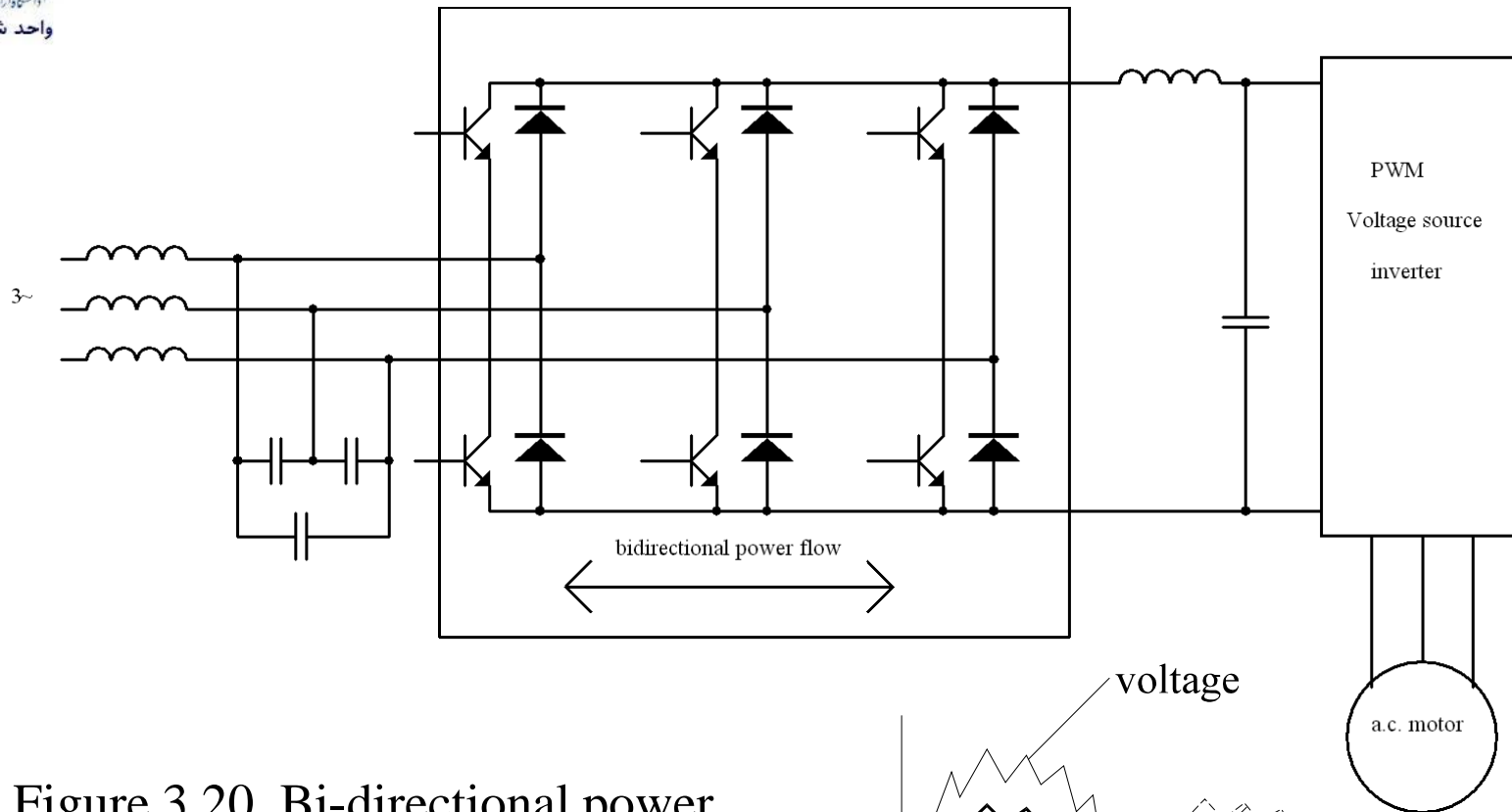
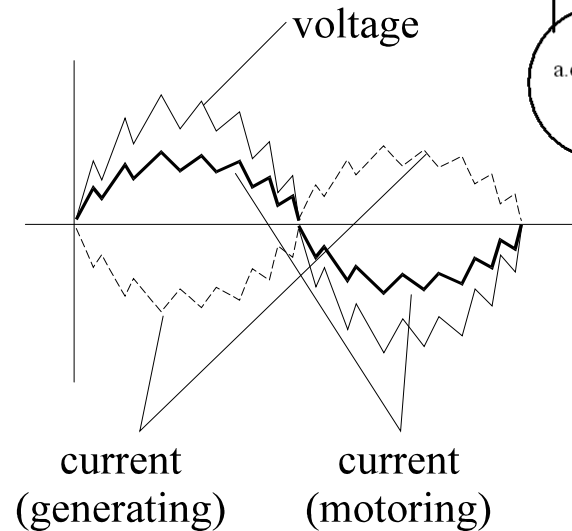


Figure 3.20. Bi-directional power flow, dual AC - DC converter with unity power factor and sinusoidal inputs - DC voltage link



اینورتر دوطرفه با ضریب توان واحد

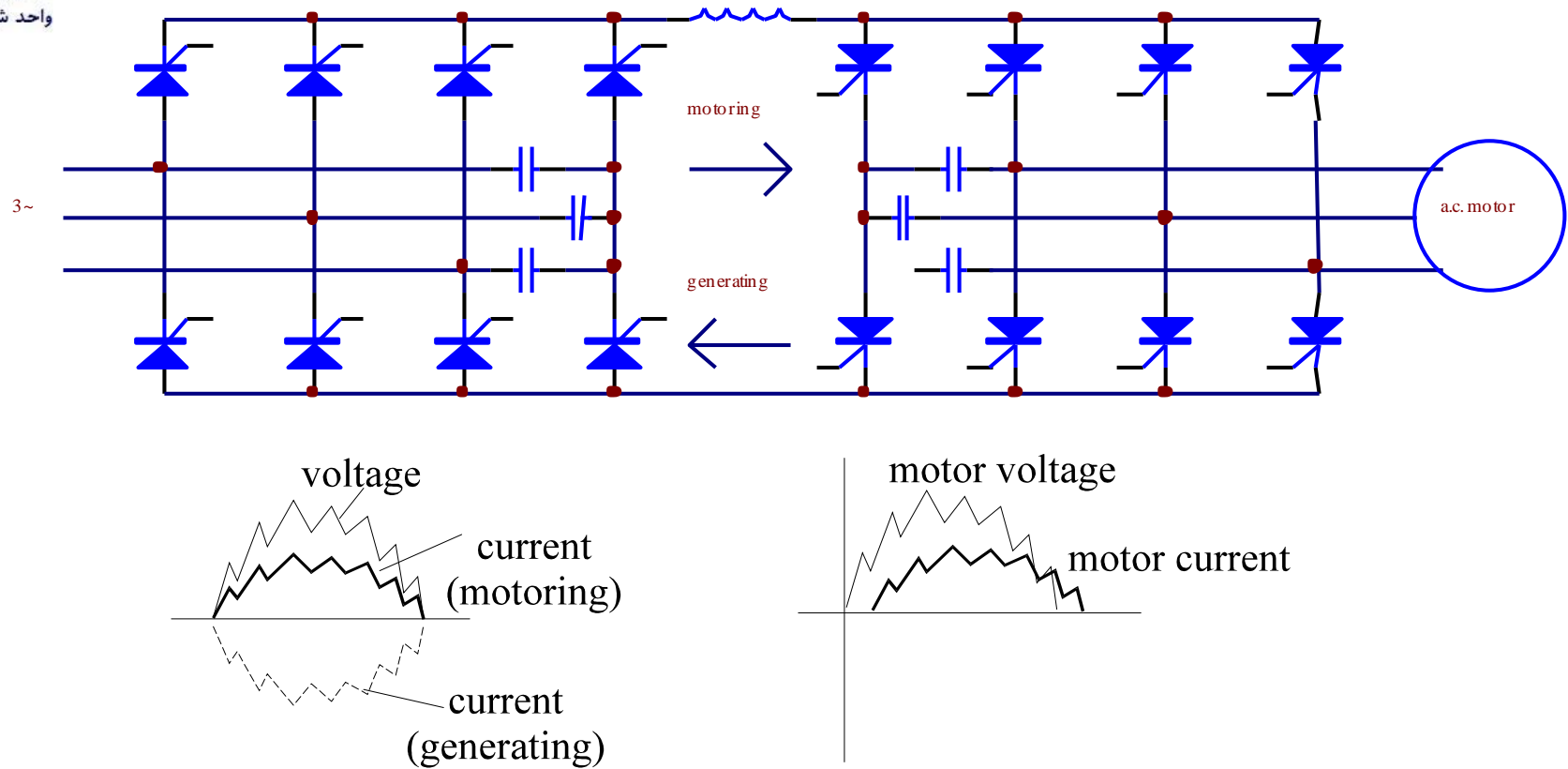


Figure 3.21. AC - DC - AC converter with bi-directional power flow and unity input power factor - DC current link

مبدل‌های مستقیم AC-AC

- ❖ دسته مبدل‌های مستقیم ac-ac که در صنعت برای توان‌های بالا در محرکه‌ها بکار می‌روند سیکلوکانورتر نامیده می‌شوند و دسته دیگر ماتریس کانورترها هستند.
- ❖ در سیکلوکانورترها معمولاً ماکزیمم فرکانس خروجی حدود یک سوم فرکانس ورودی است.

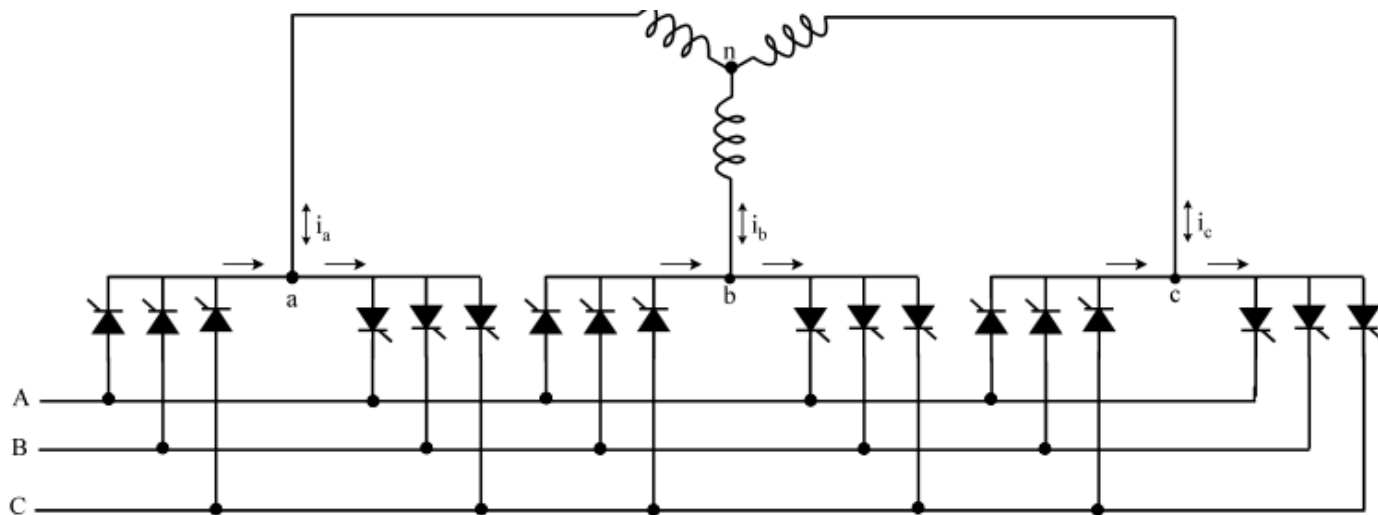


Fig. 7 3 -3 half-wave cycloconverter

مبدل‌های مستقیم AC-AC

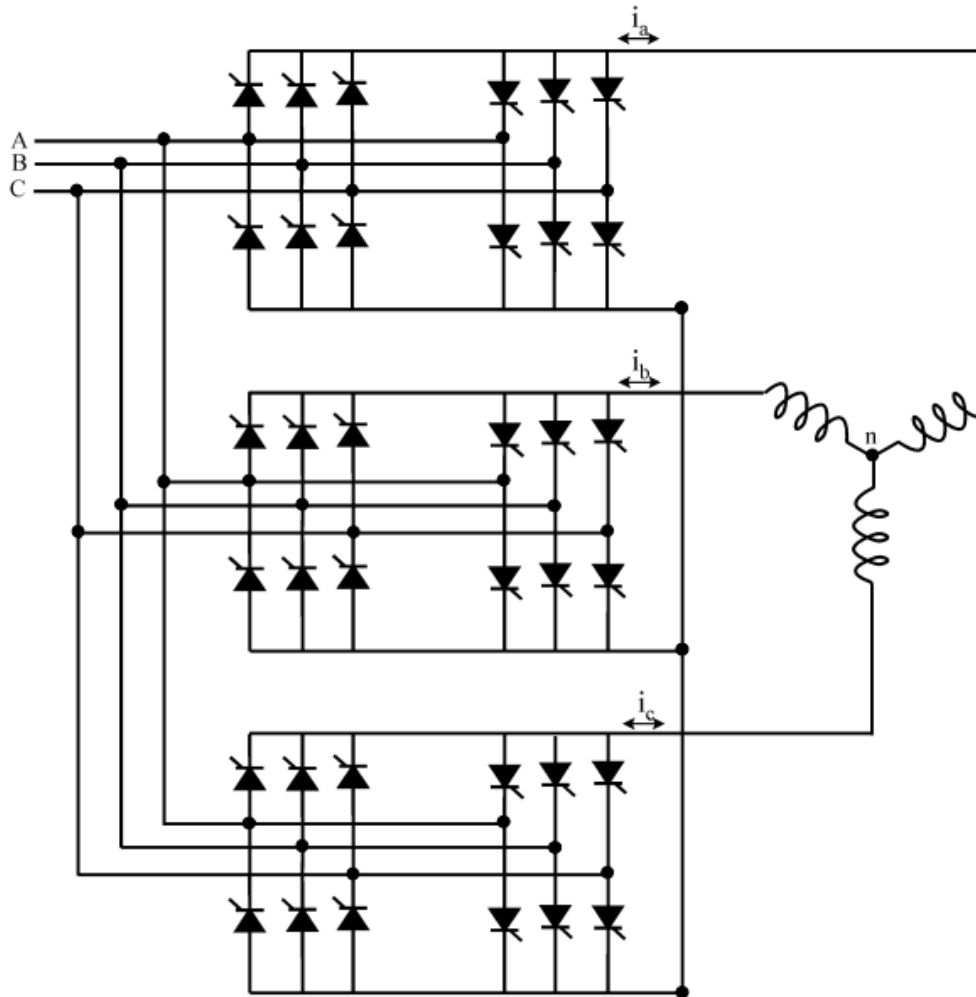


Fig. 8 3 -3 bridge cycloconverter

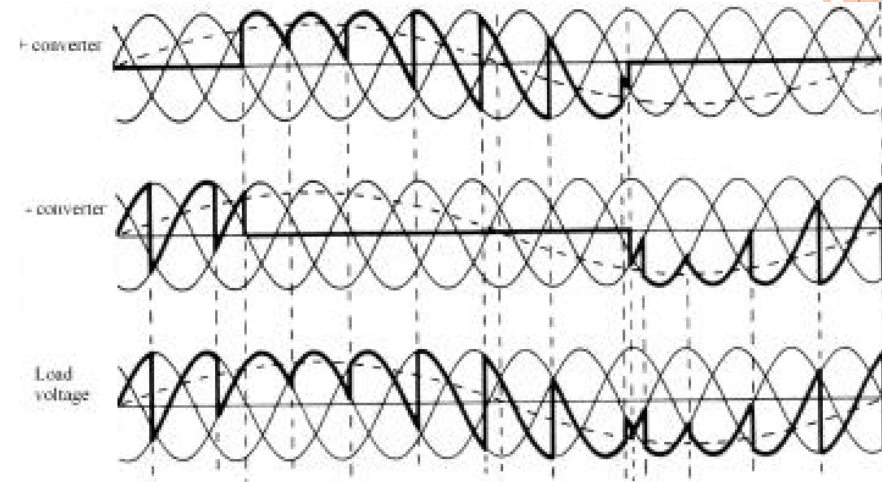


Fig. 10 Blocking mode operation waveforms

- a) + converter output voltage
- b) - converter output voltage
- c) load voltage

مبدل‌های مستقیم AC-AC

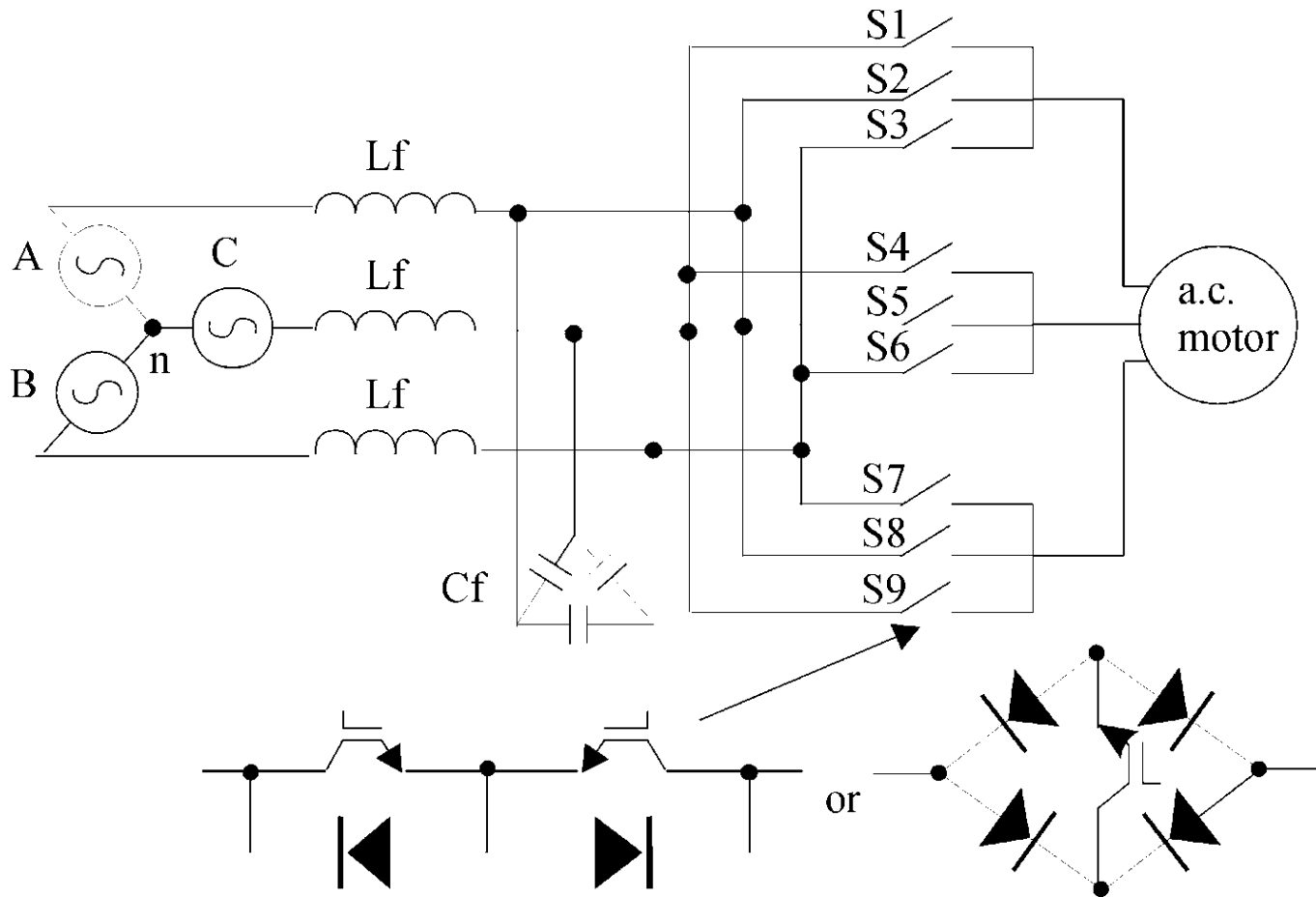


Figure 3.23. Three phase to three phase matrix converter