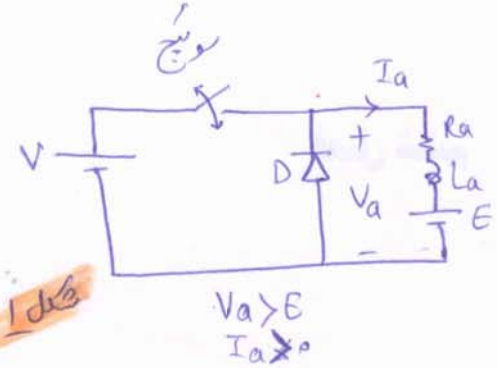
توضیحات تکمیلی در مورد مبحث انواع مبدل‌های مورد اشاره در اسلایدهای درس:

## ① مبدل باک مستقیم (کلاس A):

کاهنده ولتاژ - کار در ربع ۱ (موتوری مستقیم)




شکل ۱

$V_a > E$

$I_a > 0$

$V_a > 0$ , $I_a > 0$

$\delta \triangleq \frac{t_{on}}{T}$

$t_{on}$: زمان روشن بودن سوئیچ

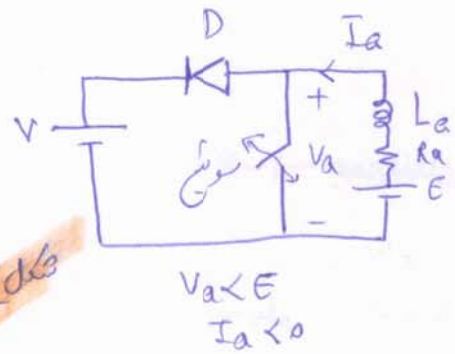
$T$: دوره تناوب سوئیچینگ

$0 < \delta < 1$ $\quad V_a = \delta V$

## ② مبدل بوست معکوس (کلاس B)

افزاینده ولتاژ و انتقال توان از سلف موتور به منبع V

در ربع ۲ کار می‌کند یعنی ترمز ژنراتوری مستقیم




شکل ۲

$V_a < E$

$I_a < 0$

$t_{on}$ = زمان روشن بودن سوئیچ $\quad \delta \triangleq 1 - \frac{t_{on}}{T}$

$V_{out} = V$

$V_{in} = V_a$

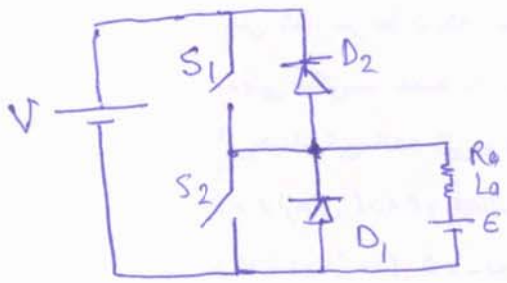
$0 < \delta < 1$ $\quad V_{out} = \frac{V_{in}}{\delta}$

یا $V = \frac{V_a}{\delta} \Rightarrow V_a = \delta V$

کار مبدل بوست این است که ولتاژ $V_a$ را همواره کوچکتر از ولتاژ $E$ قرار می‌دهد تا جریان $I_a$ از موتور به سمت منبع جاری شود

## ③ مبدل کلاس C:

این مبدل ترکیبی از دو مبدل باک مستقیم و بوست معکوس است.

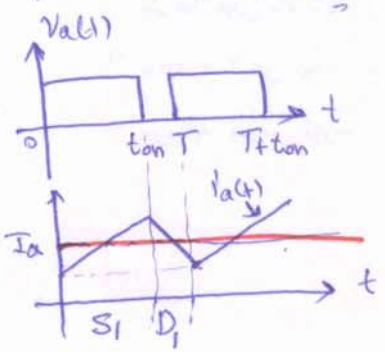



$\delta = \frac{t_{on}}{T}$

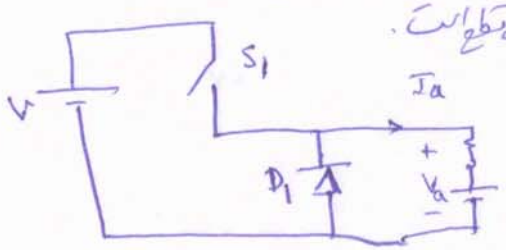
**(الف) عملکرد بصورت باک مستقیم:** $I_a > 0, V_a > 0$ است

- سوئیچ $S_1$ و دیود $D_1$ برای کنترل ولتاژ در حالت مبدل باک کنترل می‌شوند.

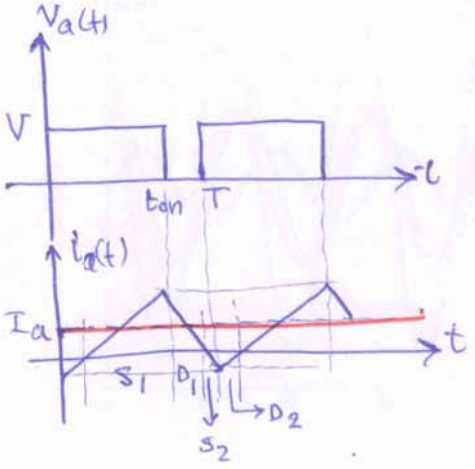
**حالت ۱** فرض کنید جریان $I_a > 0$ باشد و مقدار لحظه‌ای آن یعنی $i_a(t)$ هیچوقت صفر نشود. مثلاً به شکل زیر باشد. در این حالت ترکیب $D_1, S_1$ یک مبدل باک مطابق شکل ۱ تشکیل می‌دهند:




در این حالت $S_2$ همواره قطع است.



**حالت ۲** : فرض کنید $I_a > 0$ (مقدار متوسط جریان) باشد اما مجموع ریپل جریان، $i_a(t)$ در لحظاتی منفی هم شود. در این حالت، به ازای $i_a(t) < 0$ ، $i_a(t) < 0$ است سوئیچ $S_2$ و دیود $D_2$ نیز فعال می‌شوند و در واقع هر چهار المان کار می‌کنند.



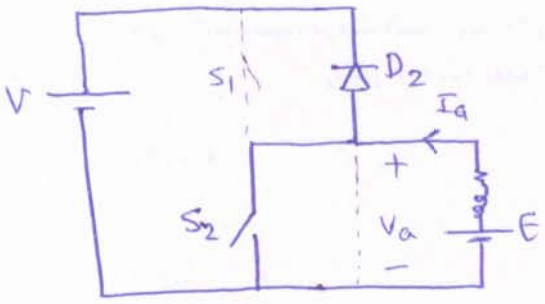

از شکل $i_a(t)$، مشخص است که اگر جریان لحظه‌ای $i_a(t)$ منفی شود سوئیچ $S_2$ فعال می‌شود و اگر $S_2$ برای کنترل خاموش شود، دیود $D_2$ بصورت طبیعی فعال می‌شود

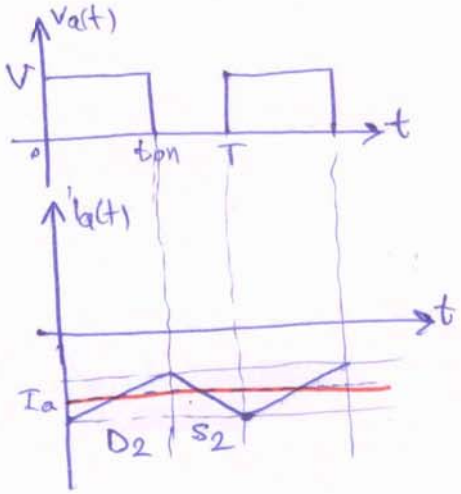
**(ب) عملکرد بصورت بوست معکوس:** $I_a < 0$ ، $V_a > 0$ است.

- سوئیچ $S_2$ و دیود $D_2$ برای کنترل ولتاژ در حالت مبدل بوست معکوس کلیدزنی می‌شود

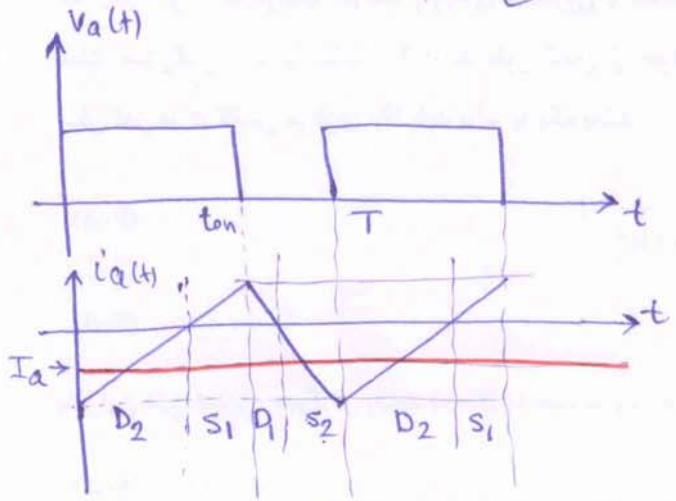
**حالت ۱** : فرض کنید جریان $I_a < 0$ باشد و مقدار لحظه‌ای جریان ریپل $i_a(t)$ هم همواره منفی باشد و هیچگاه مثبت نشود. در این حالت تنها سوئیچ $S_2$ کلیدزنی می‌شود. هرگاه کلید $S_2$ خاموش شود، دیود مدار آن یعنی $D_2$، جریان مزبور را در بار هدایت می‌کند.

شکل روبرو، مطابق شکل ۲ است که در بخش (A) رسم شد.



**حالت ۲:** فرض کنید جریان متوسط $I_a$ مثبت باشد، اما بخاطر ریپل جریان، جریان لحظه‌ای $i_a(t)$ برای لحظاتی میتواند منفی هم بشود. در لحظاتی که جریان منفی میشود، سوئیچ $S_1$ کلید زنی میشود و به تبع آن دیود مکمل آن $D_1$ نیز فعال میشود و در واقع هر چهار المان کار میکنند.




**سئوال:** به ازای چه مقادیری از $\delta$ حالت موتوری (کادران ۱) و یا حالت ترمزی (کادران ۲) اتفاق میافتد؟

**جواب:** با توجه به رابطه جریان (مدار) یعنی $I_a = \frac{\delta V - \epsilon}{R_a}$، وقتی $I_a > 0$ باشد حالت کار موتوری است و وقتی $I_a < 0$ باشد، حالت کار ترمزی است. پس

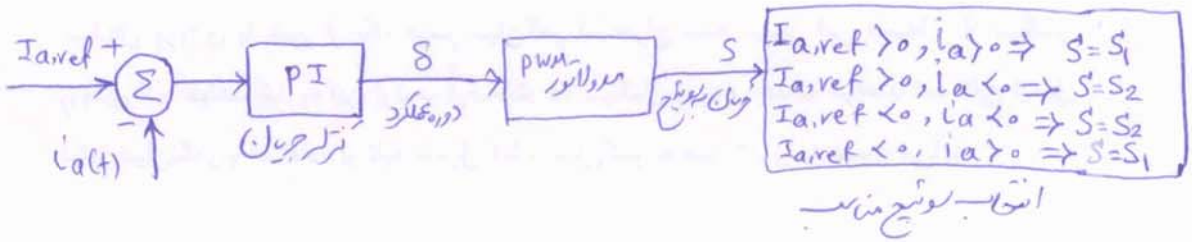
اگر $I_a > 0 \Rightarrow \delta V - \epsilon > 0 \Rightarrow \delta > \frac{\epsilon}{V}$ : حالت موتوری

و به همین ترتیب $\delta < \frac{\epsilon}{V}$ : حالت ترمزی

مثلا فرض نمائید $V = 400$ ولت است و موتور در سرعت $1000\ rpm$ دارای ولتاژ ضدمحرکه $\epsilon = 300$ باشد. در این حالت اگر بخواهیم ترمز اتفاق بیفتد باید $\delta < \frac{\epsilon}{V} = \frac{300}{400}$ یعنی $\delta < 0.75$ باشد.

لذا مرز بین حالت موتوری و ترمزی عدد مشخص نیست و برابر با $\delta = \frac{\epsilon}{V}$ است.

برای آشنایی بیشتر با چگونگی ایجاد فرمان کلیدزنی به سوئیچها و انتخاب سوئیچ مناسب برای اعمال به آن، سیستم کنترل حلقه بسته جریان در شکل زیر رسم گردیده است. برای کنترل جریان از کنترلر تناسبی انتگرالی (PI) و مدولاتور PWM بادبع حامل مثلثی استفاده شده است.



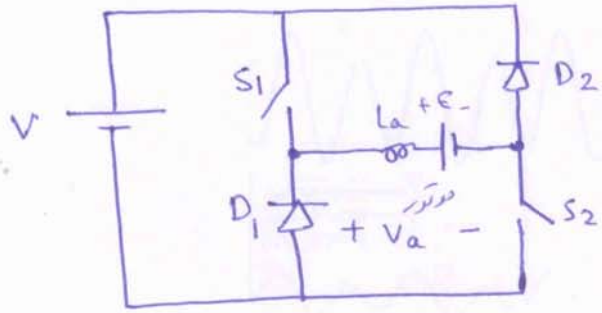

- انتخاب سوئیچ با توجه به علامت جریان متوسط ( Ia,ref ) و جریان واقعی ia(t) طبق بلوک نشان داده شده در شکل انجام می‌شود. دیود هلکس هر سوئیچ هر گاه فرمان سوئیچ صفر شد، لصورت اتوماتیک روشن می‌شود.

- ایجاد جریان مرجع Ia,ref توسط حلقه کنترل سرعت (در صورتیکه درایو دارای کنترل سرعت باشد)، انجام می‌شود که در شکل زیر نمایش داده شده است:

## ④ مبدل کلاس D :

این مبدل در دو ربع ۱ (موتوری مستقیم) و ۴ (ترمزی مکانیکی) کار می‌کند.

دقت نمایید که جریان $i_a > 0$ است اما ولتاژ $V_a$ هم می‌تواند مثبت و هم منفی باشد.



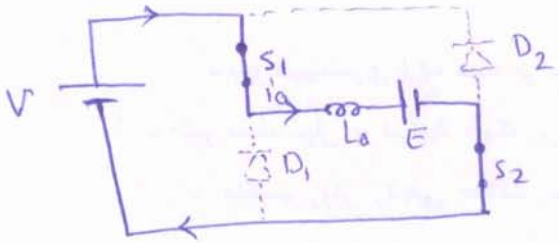

$$\delta = \frac{t_{on}}{T}$$

ربع ۱ : $\delta > 0.5 \Rightarrow V_a > 0 \Rightarrow$

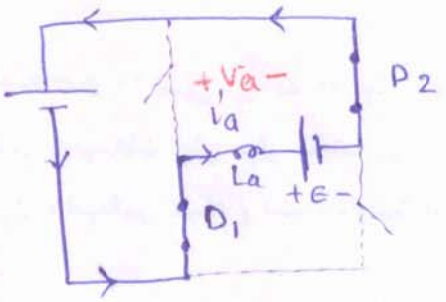
ربع ۴ : $\delta < 0.5 \Rightarrow V_a < 0 \Rightarrow$

### (الف) عملکرد به صورت بار مستقیم :

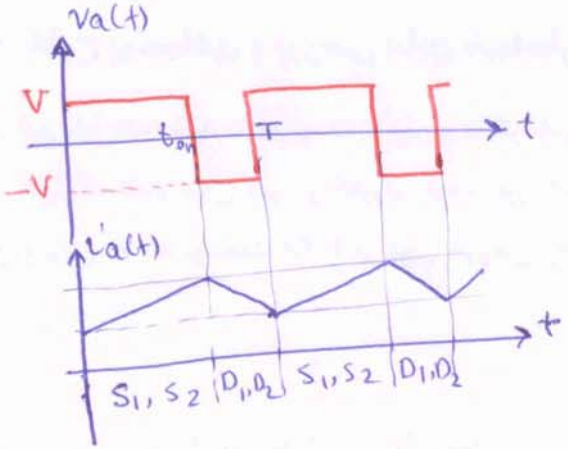
- سوئیچ $S_1$ و $S_2$ همزمان با دوره عملکرد $\delta > 0.5$ خاموش و روشن می‌شوند. هرگاه این دو سوئیچ خاموش می‌شوند، جریان از طریق دو دیود $D_1$ و $D_2$ مسیرش را می‌بندد.




وصل بودن سوئیچ‌ها




قطع بودن سوئیچ‌ها

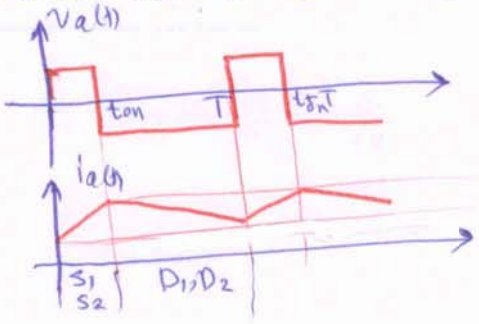



تغییرات ولتاژ و جریان کلیدها در آرمیچر در ربع ۱

$$\delta = \frac{t_{on}}{T} > 0.5$$

### (ب) عملکرد در ربع ۴ :

- باز هم دو سوئیچ $S_1$ و $S_2$ همزمان با دوره عملکرد $\delta < 0.5$ کلیدزنی می‌شوند و دیودهای $D_1$ و $D_2$ هم در هنگام خاموش بودن آنها عمل می‌کنند. شکل جدار در هر دو حالت مطابق شکلهای فوق است.



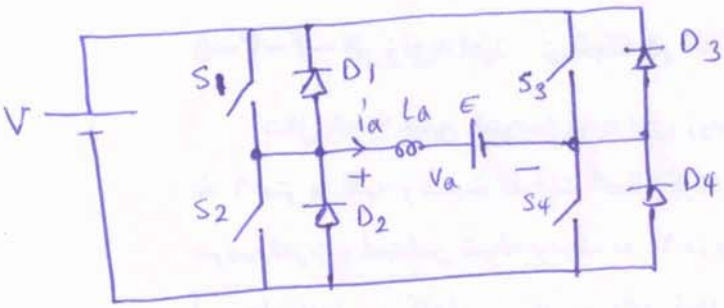

$$\delta = \frac{t_{on}}{T} < 0.5$$

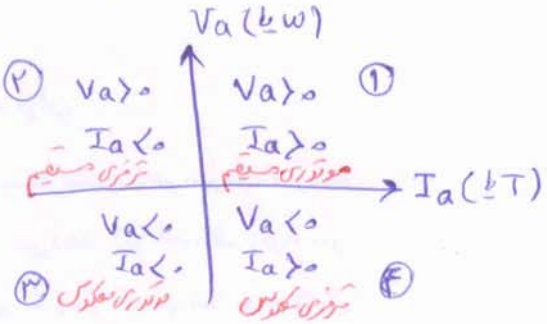
$i_a > 0$

$V_a < 0$

## ⑤ مدل کلاس E :

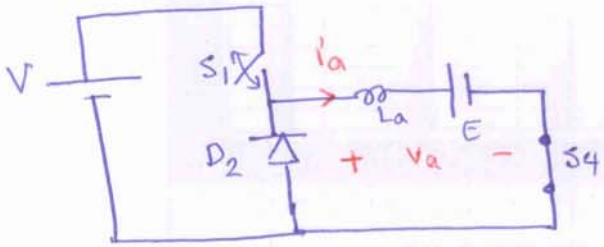
– این مدل با ضا رو بروی مدل ۴ ربعی است که حالات مختلف آن شرح داده می‌شوند.



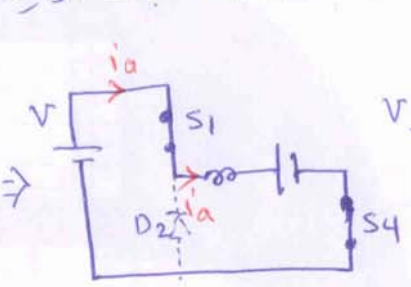




### (الف) عملکرد در ربع I (مدل باک) :

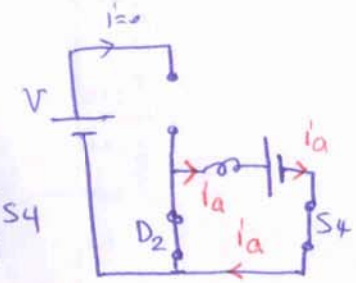
سوئیچ $S_4$ همیشه روشن است و سوئیچ $S_1$ خاموش و روشن می‌شود. هرگاه سوئیچ $S_1$ خاموش است برای تداوم جریان سلف موتور، دیود $D_2$ بصورت اتوماتیک روشن می‌شود.




شکل مدار در ربع I که دقیقا مثل مدل باک مقیم (در صفحه ۱) است.



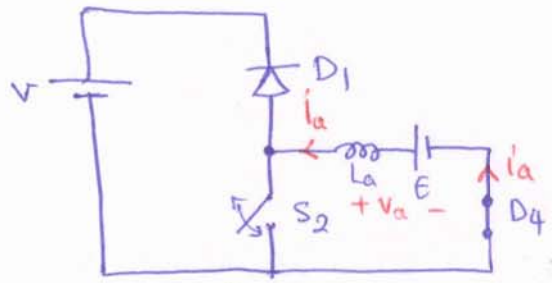

$S_1$ : روشن
$D_2$ : قطع



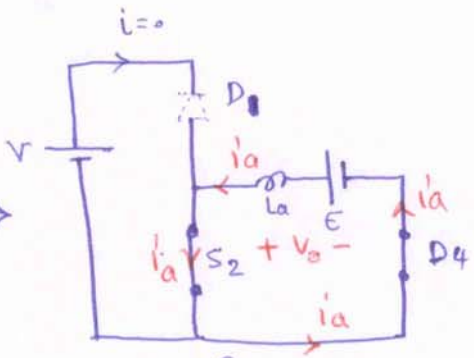

$S_1$ : خاموش
$D_2$ : روشن

### (ب) عملکرد در ربع II (مدل بوست معکوس)

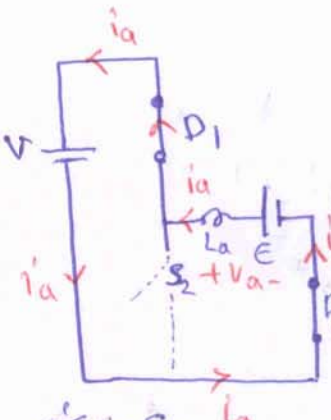
سوئیچ $S_2$ تحت کنترل است و دیود $D_4$ همیشه روشن است. هرگاه سوئیچ $S_2$ خاموش میشود، برای تداوم جریان سلف موتور، دیود $D_1$ بصورت اتوماتیک روشن می‌شود.




شکل مدار در ربع II که دقیقا مانند مدل بوست معکوس در صفحه ۱ است.



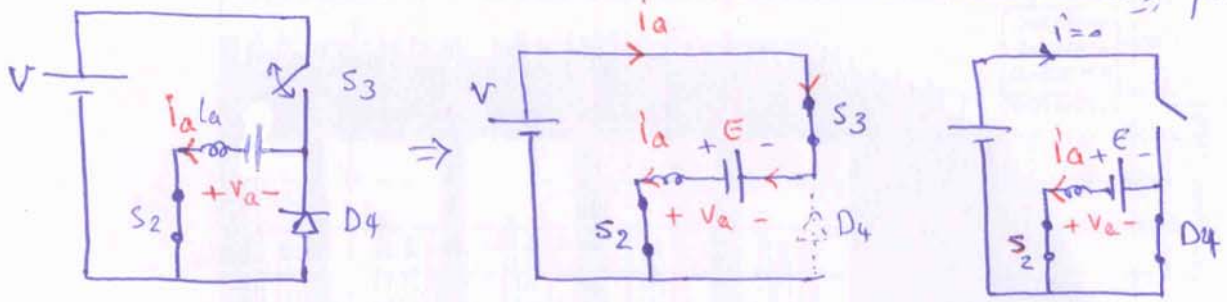

روشن : $S_2$
قطع : $D_1$




خاموش : $S_2$
روشن : $D_1$

## (ج) عملکرد دوربع III (مبدل باک) ۳

سوئیچ $S_2$ همیشه روشن است و سوئیچ $S_3$ خاموش و روشن می‌شود. هرگاه سوئیچ $S_3$ خاموش باشد، برای تداوم جریان سلف موتور، دیود $D_4$ بصورت اتوماتیک روشن می‌شود.




شکل مدار دوربع ۳ که با مقایسه با شکل ۱ در صفحه ۱ می‌تواند یک مبدل باک عمل می‌کند.

$S_3$: روشن
$D_4$: قطع

$S_3$: خاموش
$D_4$: روشن

دقت شود که:

۱- ولتاژ آرمیچر $V_a$ با پلاریته نشان داده در شکل دارای مقداری مثبت است چون سر مثبت $V_a$ به سمت منبع متصل است.

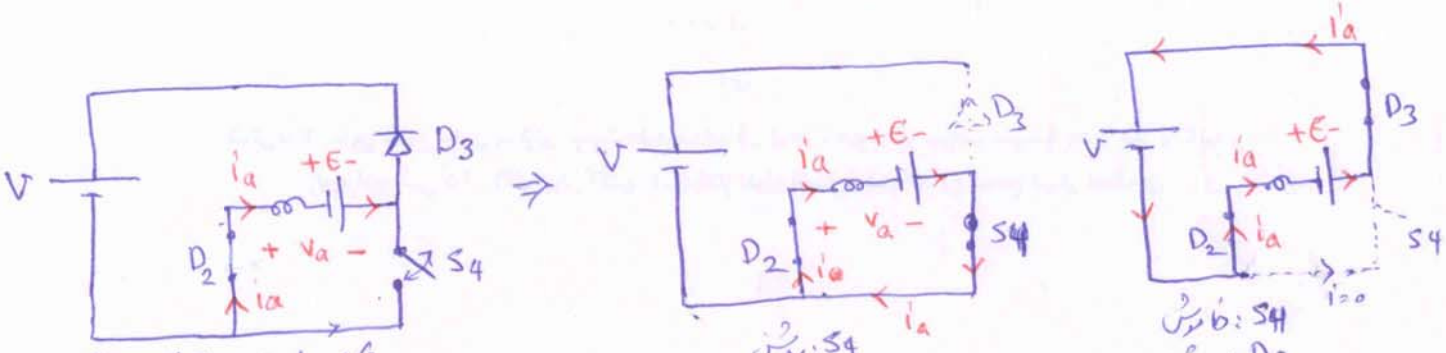
۲- ولتاژ ضدمحرکه $\epsilon$ با پلاریته نشان داده، لزوماً مثبت است و مثبت شدن $\epsilon$ در واقع با تغییر جهت سرعت حاصل می‌شود.

۳- جریان آرمیچر هم در جهت نشان داده شده، جاری است و لذا $i_a$ مثبت است.

۴- چون از سر مثبت منبع جریان $i_a$ خارج می‌شود، منبع توان به ماشین داده یعنی حالت عملکرد ماشین موتوری است و ماشین توان مصرف می‌کند.

## (د) عملکرد دوربع IV (مبدل بوست معکوس) ۴

- سوئیچ $S_4$ تحت کنترل است و دیود $D_2$ همیشه روشن است. هرگاه سوئیچ $S_4$ خاموش شود، برای تداوم جریان سلف موتور، دیود $D_3$ بصورت اتوماتیک روشن می‌شود.
- دقت شود که مقدار $\epsilon$ با پلاریته نشان داده شده، منفی است و مقدار $V_a$ هم منفی است.




شکل مدار دوربع ۴ که همانند یک مبدل بوست معکوس عمل می‌کند.

$S_4$: روشن
$D_3$: خاموش

$S_4$: خاموش
$D_3$: روشن

صفحه ۷: