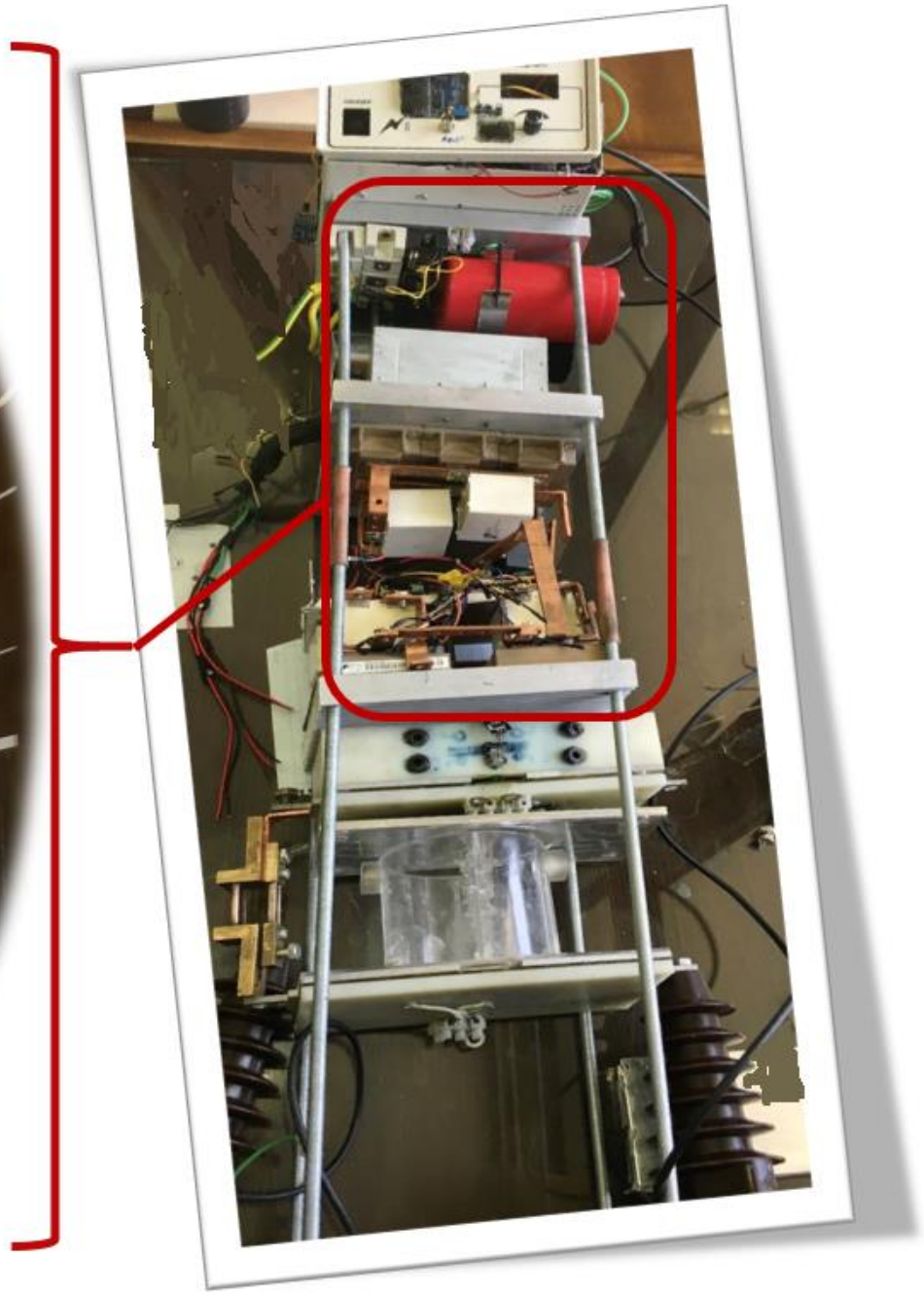
اطلاعات پروژه

تیم تحقیق : علی کدیور عضو هیات علمی پژوهشگاه نیرو

نام پروژه: ساخت کلید فشارمتوسط دو مگاواتی DC بدون قوس کم تلفات

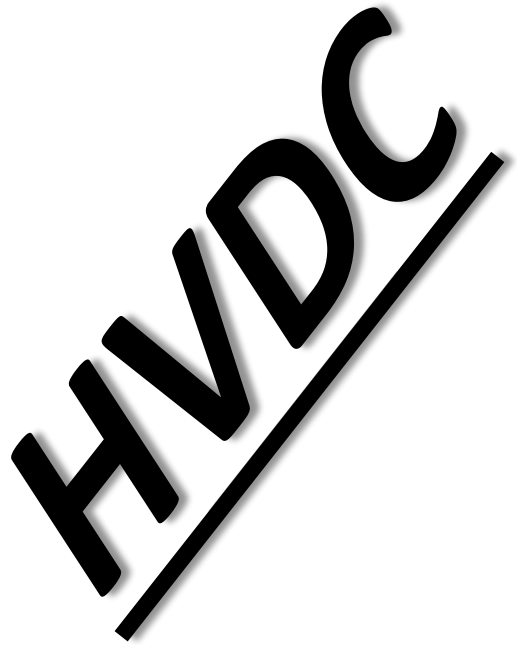
تصاویر محصول

کلید از طراحی ساختار ترولی یکپارچه استفاده می کند که از نظر اندازه جمع و جور است.



پژوهشگاه نیرو

شرح مشکل



ریزشبکه ها (خودرو برقی)
تولید پراکنده (انرژی خورشیدی)
سیستم مبتنی بر باتری (مراکز داده)
کشتیها و مترو شهری، قطارهای برقی

اتصال کوتاه در DC با AC از منظر دامنه و صفر جریان متفاوت است.
ماهیت با امپدانس کم خطوط DC، پیک اتصال‌کوتاه بالا و افزایشی.
عدم صفر اتصال کوتاه = عدم قطع با کلیدهای متداول AC

راهکارهای موجود

- رویکرد سنتی: کلید هوایی (محفظه آرک سری)

ضعف: **خوردگی کنتاکت** بالا، **زمان قطع** طولانی و **هزینه** بالای نگهداری

- رویکرد جدیدتر: کلیدهای نیمه‌هادی.

ضعف: **تلفات بالا** در حالت وصل و **هزینه** بالای پیاده‌سازی

- یک ساختار، طراحی مبتنی بر کلیدهای مکانیکی و مدار تزریق جریان.

تولیدیک موج جریان با فرکانس مشخص + موج جریان اتصال کوتاه = صفر جریان مجازی

ضعف: مدت زمان طولانی عملکرد.

- ترکیبی از کلیدهای نیمه هادی + کلید مکانیکی:

جریان به شاخه متشکل از مجموعه IGBT ها هدایت شده و قطع می گردد.

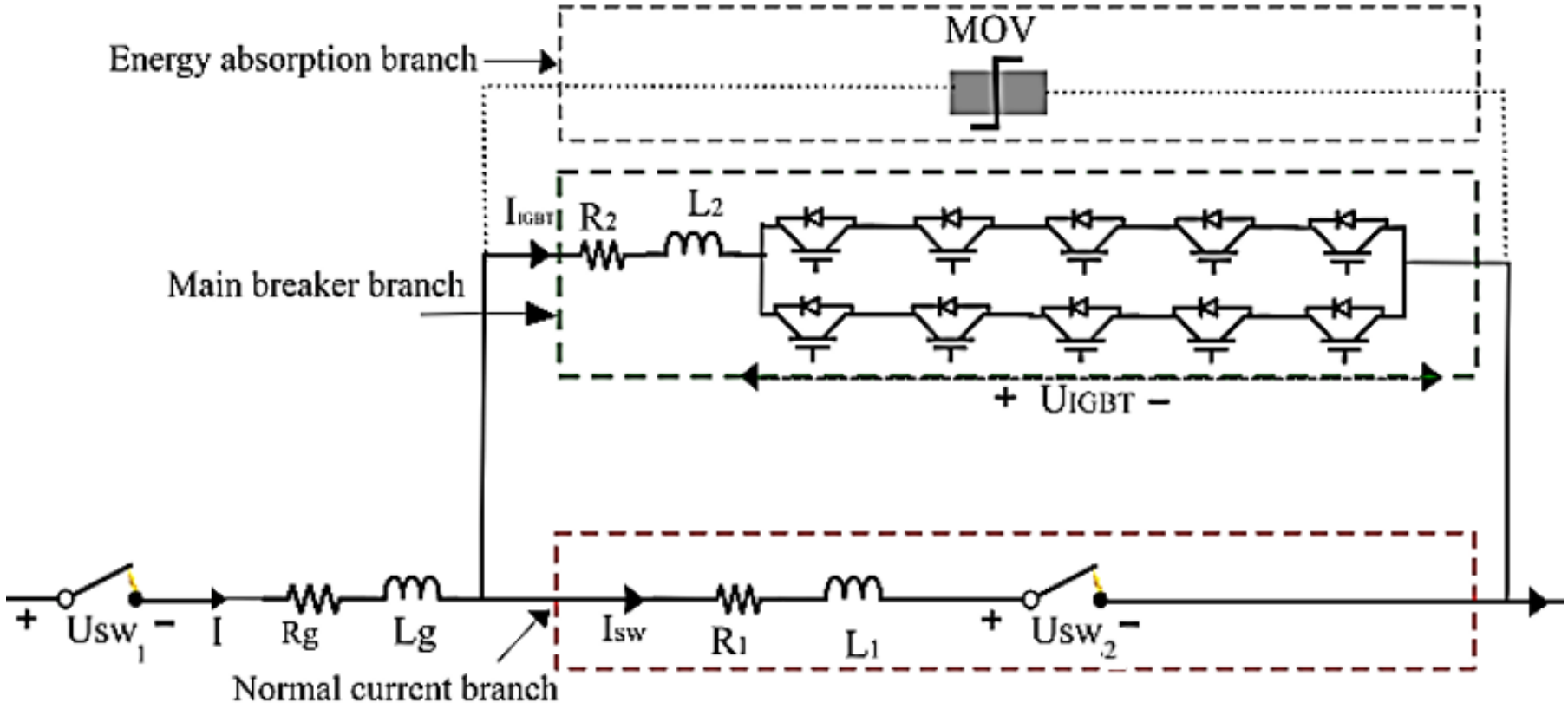
ضعف: سرعت عملکرد متوسط و هزینه زیاد.

معرفی محصول و مرحله اجرایی آن

طرح ABB در قالب سه مسیر عبور جریان

بهبود با کمک دو کلید سریع : زمان عملکرد کمتر ازms ۴، **تلفات کم** کلیدهای نیمه هادی در حالت وصل و **بدون قوس** هنگام قطع لذا برای سطوح جریانی کم (حدود توانهای چند مگاوات) مناسب می باشد.

شماتیک کلید در شکل زیر نشان داده شده است.



مزیت‌های فنی و رقابتی محصول و کاربری‌های آن

اکنون تمامی کلیدهای مورد استفاده در مترو کشور از نوع هوایی وارداتی از Secheron سوئیس است

- **قیمت** پایین تر از کلید هوایی (مونوپلی Secheron در ایران)
- تکنولوژی جدید و **سرعت قطع** بهتر، Maintenance free
- **ابعاد** کوچکتر و **وزن** کمتر از انواع کلیدهای معرفی شده
- **محدود کننده جریان** خطا به صورت ترکیبی با کلید
- عدم وجود قوس مشهود و عمر طولانی با هزینه نگهداری پایین

گزارش تحلیلی

کلید هوایی که در سیستم تغذیه DC حمل و نقل ریلی شهری استفاده میشود، تعداد زیادی قوس در طول فرآیند قطع ایجاد می کند.

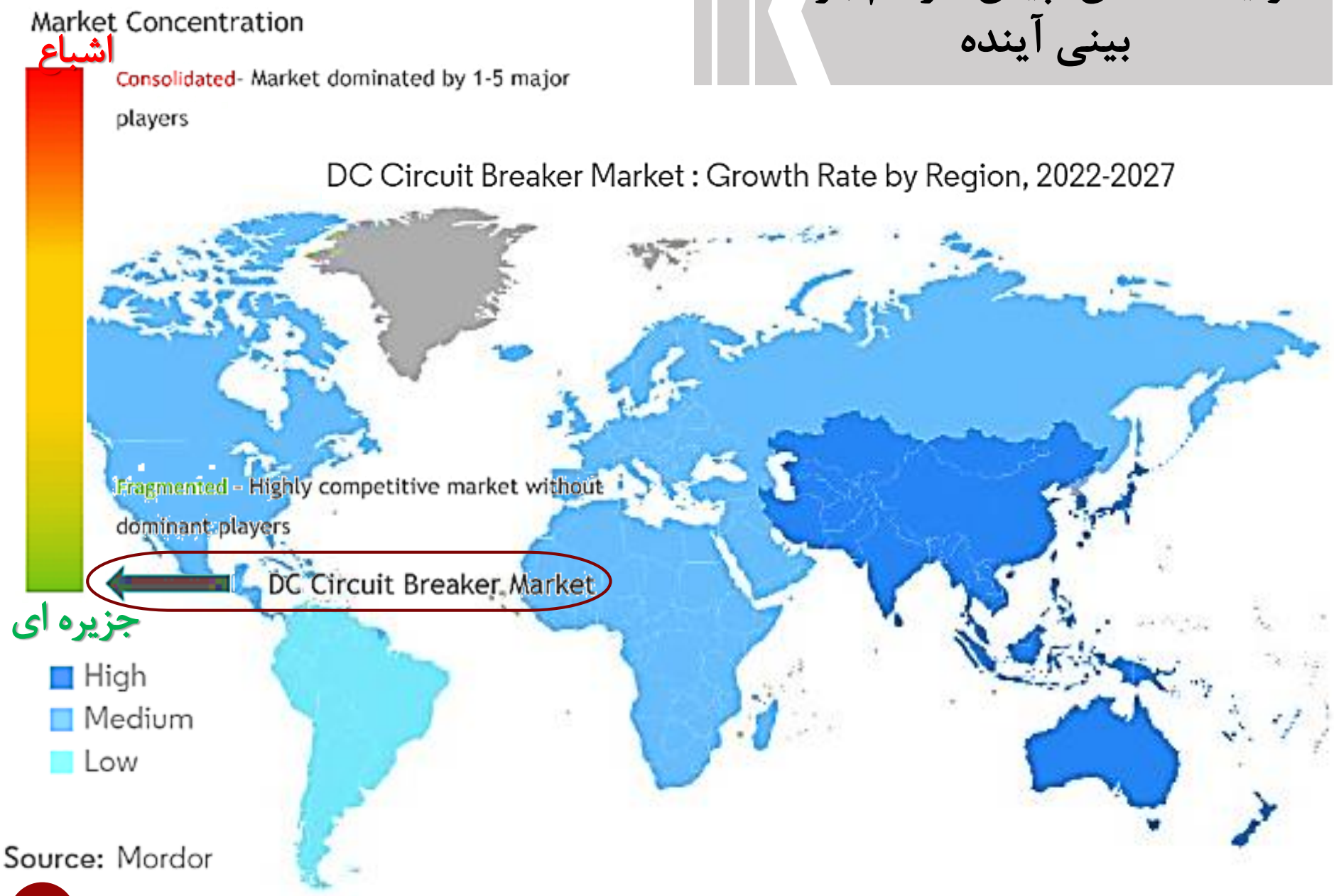
هر قطع، موجب خوردگی سطح کنتاکت کلید می شود

- عمر الکتریکی پایین
- هزینه نگهداری بالا
- **سرعت پایین قطع = جریان قطع نزدیک به حداکثر اتصال کوتاه است که بر عمر سیستم تأثیردارد.**

کلید DC هیبریدی مبتنی بر کموتاسیون قوس با تکیه بر عملکرد موفقیت کلید ۵۰۰± کیلوولت و ۱۰± کیلوولت:

می تواند **بدون قوس قابل مشاهده** در طول فرآیند قطع و لذا **بدون تعمیر** و نگهداری پس از قطع تجهیزات، تا حد زیادی **عمر کلید** را برای برآورده کردن شرایط کاربردی مختلف تغذیه حمل و نقل ریلی شهری بهبود ببخشد.

DC Circuit Breaker Market Concentration



Source: Mordor

تولیدکنندگان، پیش تراکم باز
بینی آینده

DC Circuit Breaker Company List

- ABB Ltd
- Larsen & Toubro Limited
- Mitsubishi Electric Corporation
- GEYA Electrical Co.
- Entec Electric & Electronic Co Ltd
- Hyundai Electric & Energy Systems Co
- Rockwell Automation
- Eaton Corporation PLC
- Siemens AG
- Nader Electrical
- Fuji Electric Co Ltd
- Powell Industries, Inc.
- Schneider Electric SE

بازار هدف اصلی

نام بازار هدف	حجم برق بازار مترو تهران	سهم کلیدها	ارزش ریالی بازار قابل دستیابی
حمل و نقل ریلی شهری	۱۰،۰۰۰ میلیارد ریال	٪۳۰	۳،۰۰۰ میلیارد ریال

سایر بازارهای هدف

- سیستمهای مبتنی بر باتری
- مراکز داده
- سیستمهای انرژی خورشیدی
- خودرو برقی
- کشتیها
- HVDC

فارس

جامعه | اقتصاد | بین الملل | سیاست | علم و پیشرفت | دانشگاه | فرهنگ | هنر و رس

جامعه / شهری ۱۴۰۲-۲-۳ ۰۰:۱۶

تحول در حمل ونقل عمومی با ۲۷ هزار میلیارد تومان بودجه/کدام ایستگاه های مترو افتتاح می شوند؟

تعدادی از ایستگاه های مترو امسال به بهره برداری می رسد. برقی کردن اتوبوس ها و اورهال ناوگان حمل ونقل عمومی د

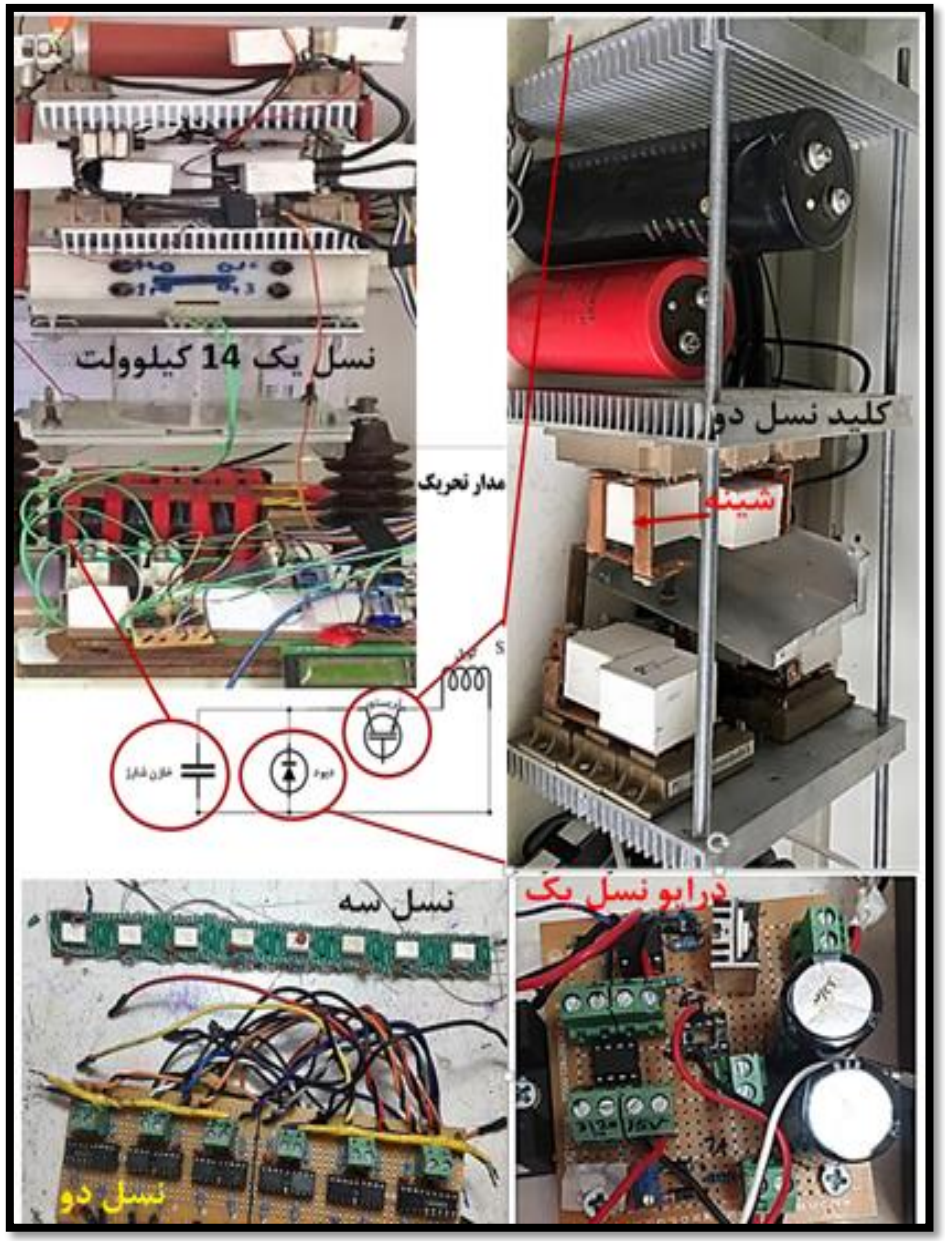
پیش‌بینی فروش محصول در ۳ سال آینده

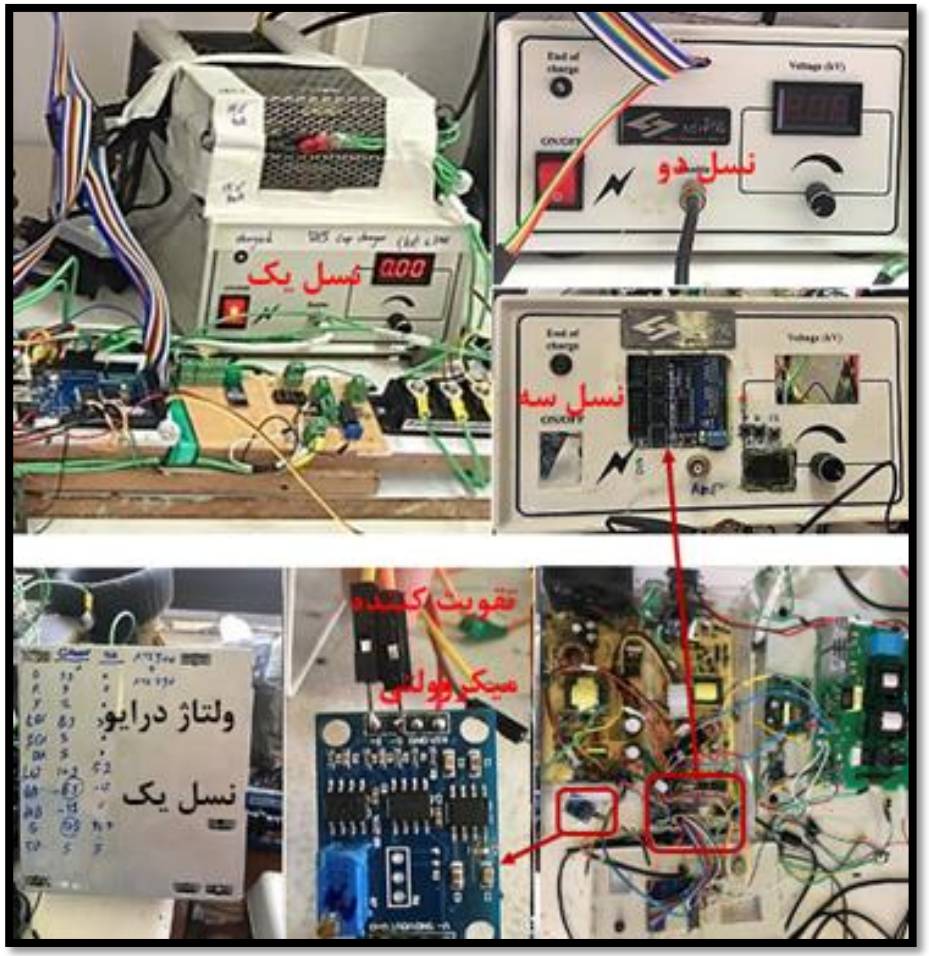
- بازار کلید DC که ۳.۴۳ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۰ بوده
- سال ۲۰۲۳ به ۴.۵۵ میلیارد دلار برسد و با **نرخ رشد سالانه** ***۸.۳۲ درصد*** تا ۲۰۲۸ به ۶.۷۸۸ میلیارد دلار برسد.
- همین رشد می تواند در ارزش ریالی بازار قابل دسترسی لحاظ گردد.

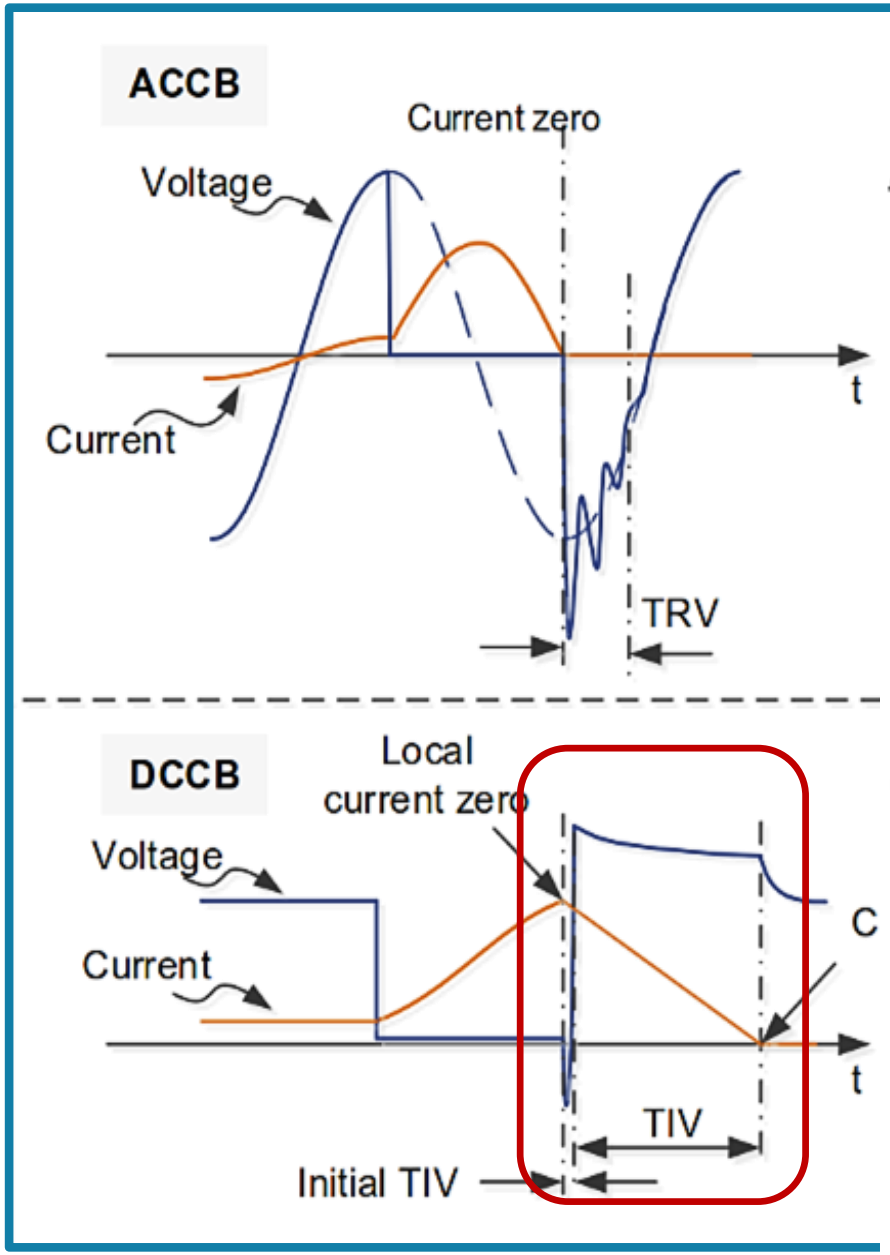
- در نتیجه، توسعه گسترده پروژه‌های تجدیدپذیر مانند انرژی باد و خورشیدی جدید و افزایش مصرف برق انتظار می رود عواملی مانند افزایش منابع تجدیدپذیر در ترکیب انرژی و پذیرش فزاینده انتقالHVDC، همراه با ارتقا و نوسازی زیرساخت های قدیمی بازار را در دوره پیش بینی هدایت کند.

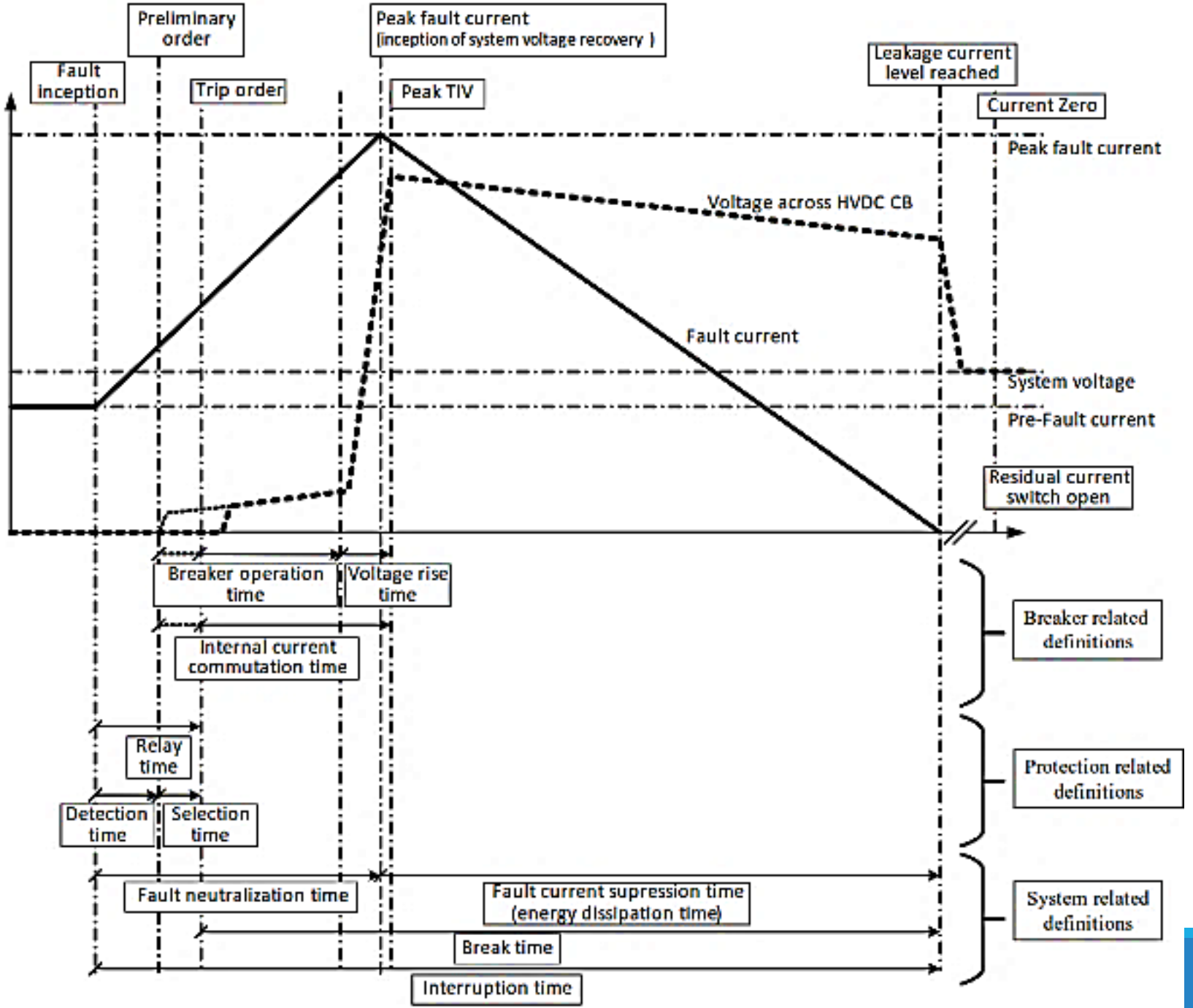
- **آلودگی محیط زیست** یکی از نگرانی های مهم جهان است و کشورهای **آسیا-اقیانوسیه مانند چین و هند** از جمله بزرگترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه ای در سراسر جهان هستند

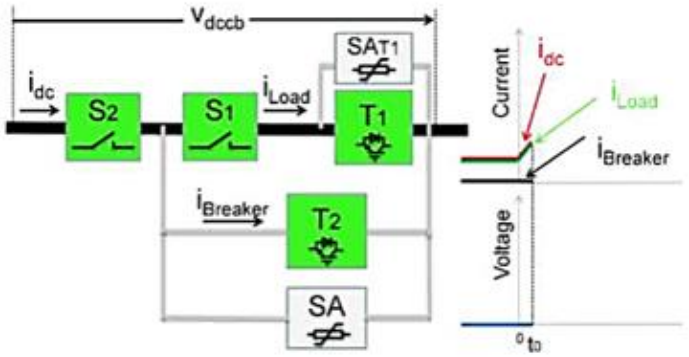
تکامل نسلهای محصول

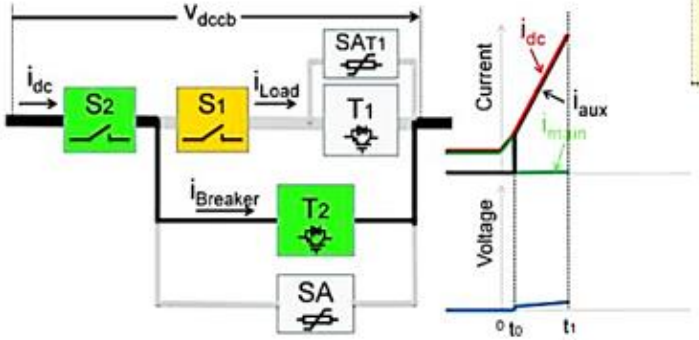


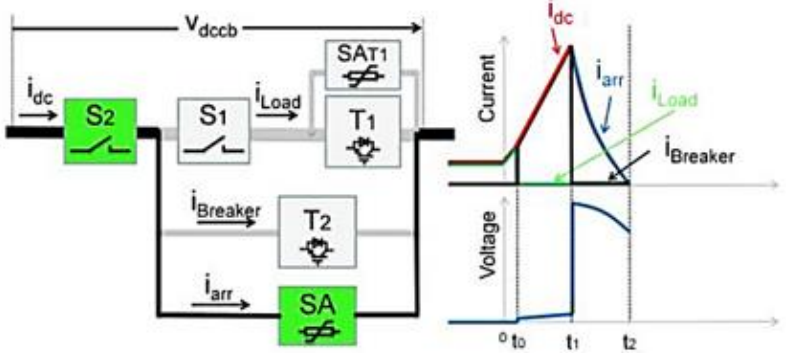


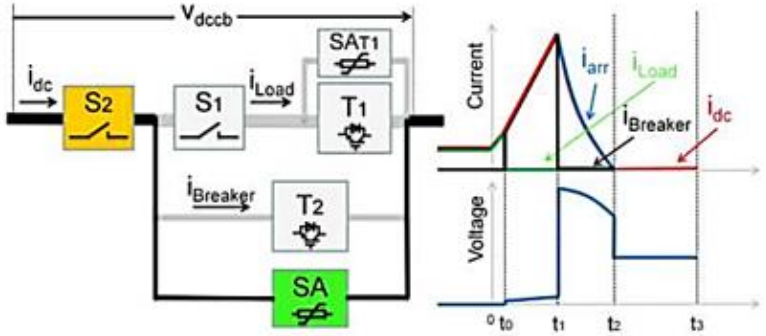

ACCB
Current zero
Voltage
Current
t
TRV
DCCB
Local
current zero
Voltage
Current
C
t
TIV
Initial TIV

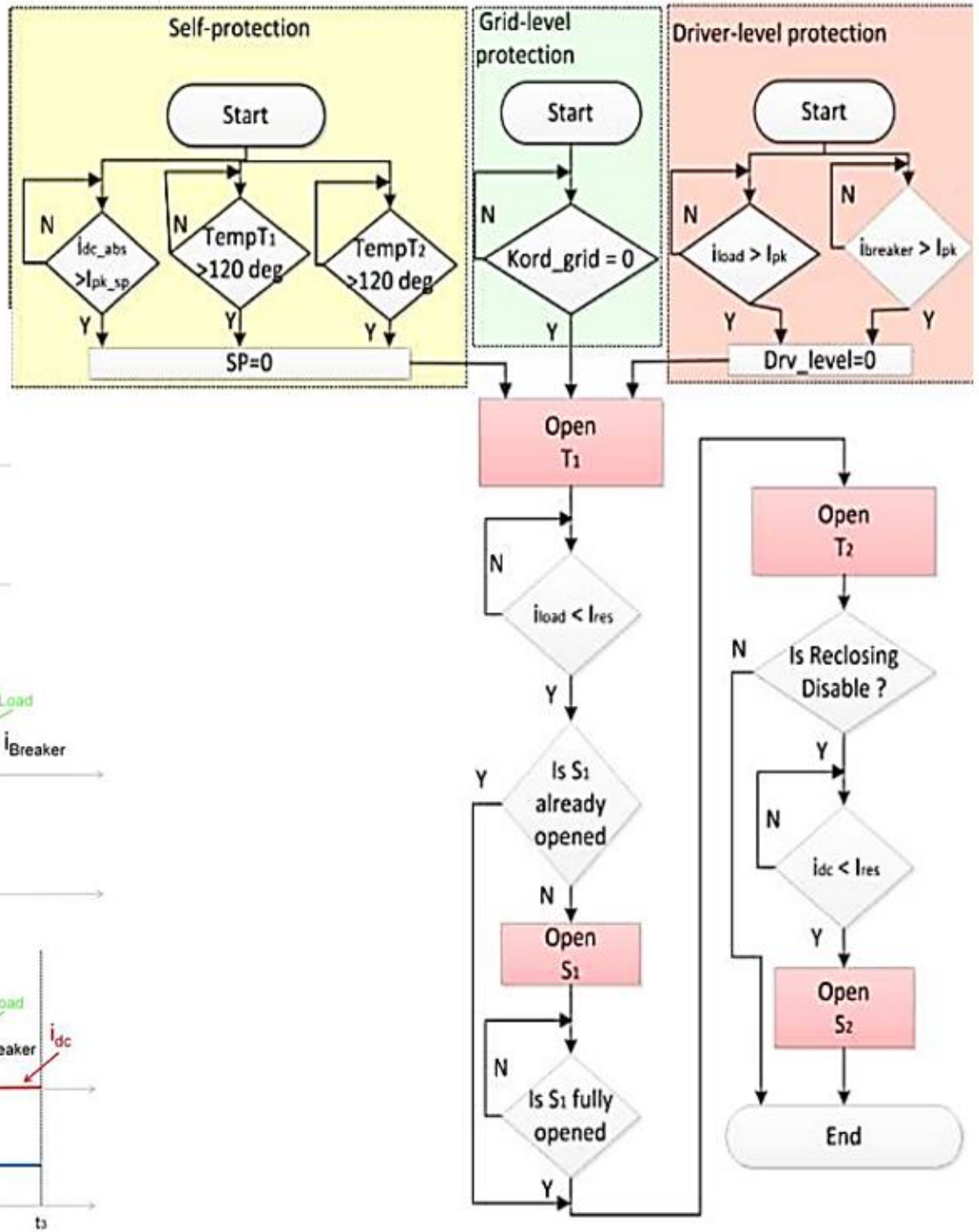

Preliminary order
Peak fault current (inception of system voltage recovery)
Leakage current level reached
Fault inception
Trip order
Peak TIV
Current Zero
Peak fault current
Voltage across HVDC CB
Fault current
System voltage
Pre-Fault current
Residual current switch open
Breaker operation time
Voltage rise time
Internal current commutation time
Relay time
Detection time
Selection time
Fault neutralization time
Fault current supression time (energy dissipation time)
Break time
Interruption time
Breaker related definitions
Protection related definitions
System related definitions

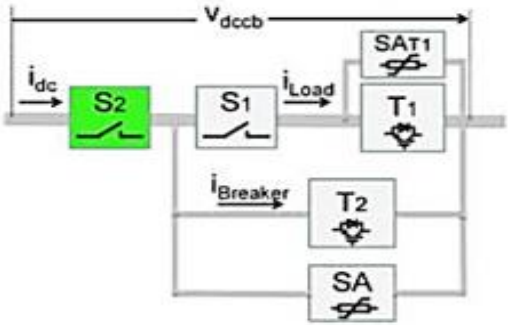

V_{dccb}
SAT1
i_{dc}
S2
S1
i_{Load}
T1
T2
SA
$i_{Breaker}$
Current
Voltage
t_0


V_{dccb}
SAT1
i_{dc}
S2
S1
i_{Load}
T1
T2
SA
$i_{Breaker}$
i_{aux}
i_{main}
Current
Voltage
t_0
t_1

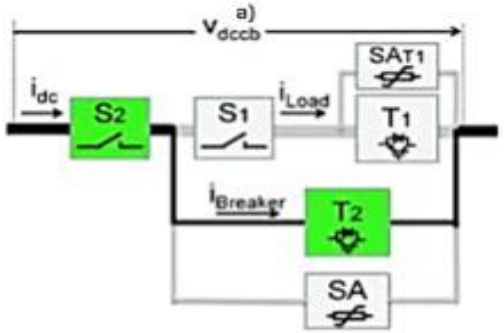

V_{dccb}
SAT1
i_{dc}
S2
S1
i_{Load}
T1
T2
SA
$i_{Breaker}$
i_{arr}
Current
Voltage
t_0
t_1
t_2


V_{dccb}
SAT1
i_{dc}
S2
S1
i_{Load}
T1
T2
SA
$i_{Breaker}$
i_{arr}
Current
Voltage
t_0
t_1
t_2
t_3

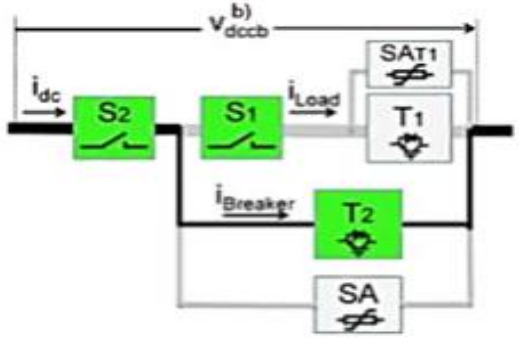

Self-protection
Start
$i_{dc_abs} > I_{pk_sp}$
$Temp_{T1}$ >120 deg
$Temp_{T2}$ >120 deg
SP=0
Grid-level protection
Start
Kord_grid = 0
Driver-level protection
Start
$i_{load} > I_{pk}$
$i_{breaker} > I_{pk}$
Drv_level=0
Open T_1
$i_{load} < I_{res}$
Is S_1 already opened
Open S_1
Is S_1 fully opened
Open T_2
Is Reclosing Disable ?
$i_{dc} < I_{res}$
Open S_2
End
N
Y


V_{dccb}
i_{dc}
S2
S1
i_{Load}
SAT1
T1
$i_{Breaker}$
T2
SA

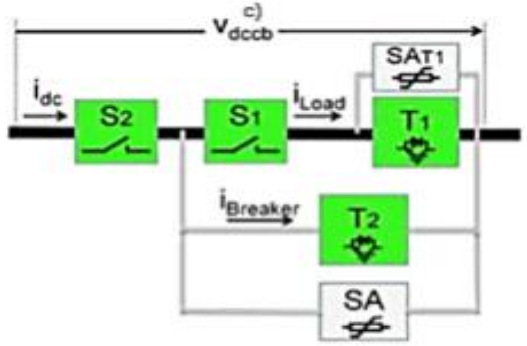
a)


V_{dccb}
i_{dc}
S2
S1
i_{Load}
SAT1
T1
$i_{Breaker}$
T2
SA

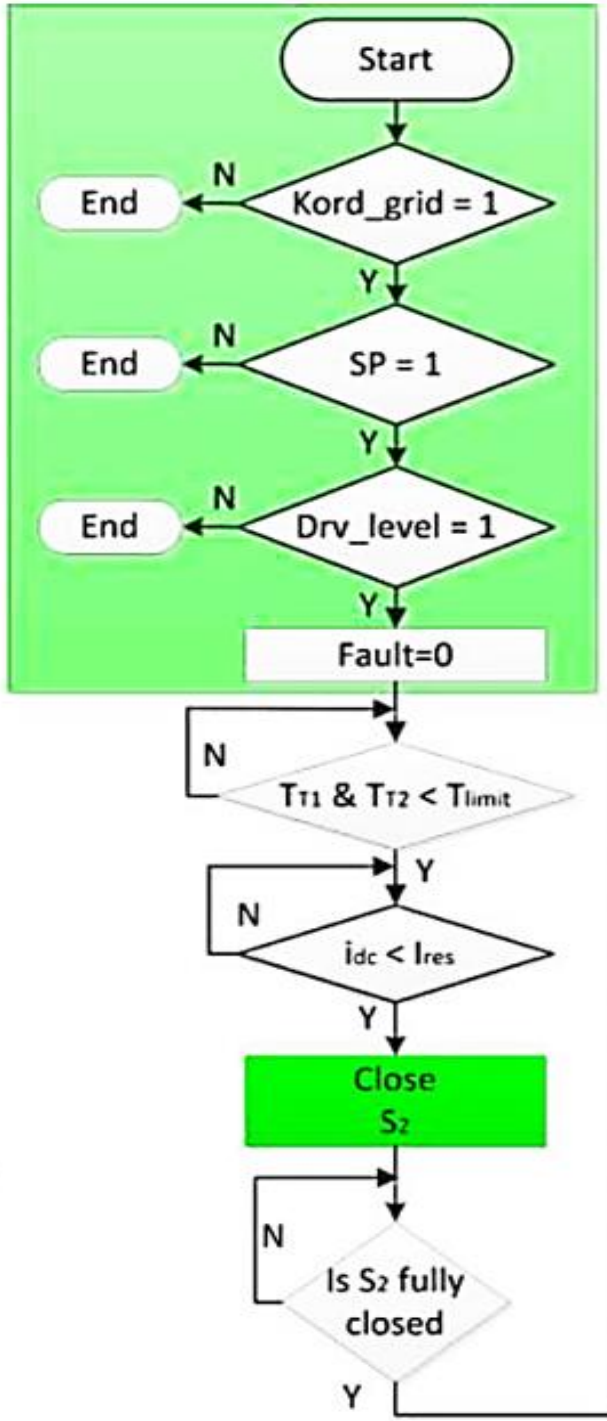
b)

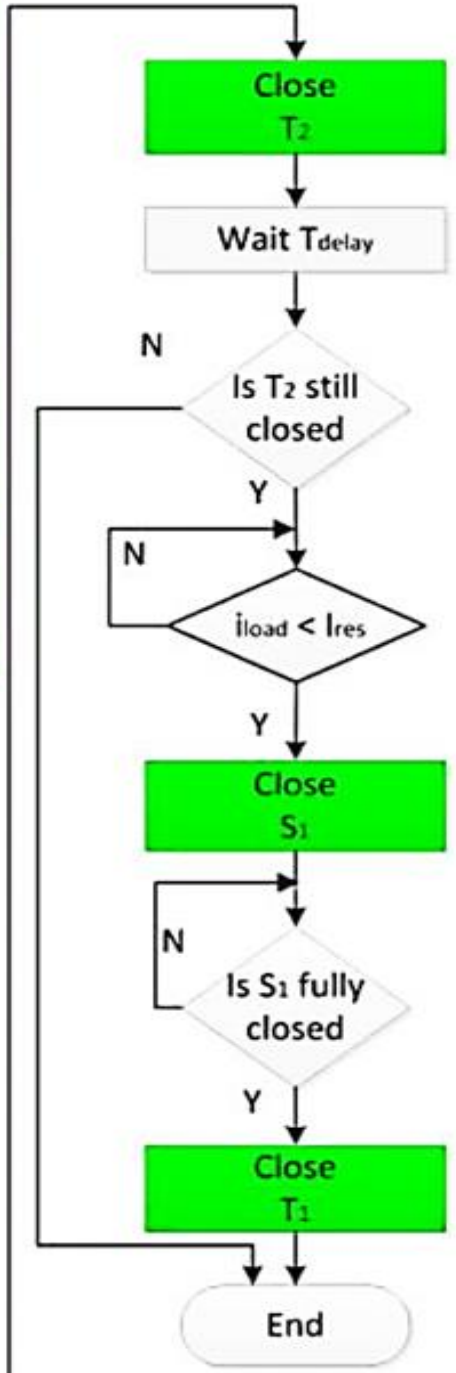

V_{dccb}
i_{dc}
S2
S1
i_{Load}
SAT1
T1
$i_{Breaker}$
T2
SA

c)


V_{dccb}
i_{dc}
S2
S1
i_{Load}
SAT1
T1
$i_{Breaker}$
T2
SA

d)


Start
Kord_grid = 1
End
N
Y
SP = 1
End
N
Y
Drv_level = 1
End
N
Y
Fault=0
N
T_{T1} & T_{T2} < T_{limit}
Y
N
i_{dc} < I_{res}
Y
Close S_2
N
Is S_2 fully closed
Y


Close T_2
Wait T_{delay}
N
Is T_2 still closed
Y
N
i_{load} < I_{res}
Y
Close S_1
N
Is S_1 fully closed
Y
Close T_1
End

Specifications / Requirements	Value	Unit	Applicable Standards
Frame size (General-purpose/High-speed/ Rectifier/Semi-high-speed) breakers	High-speed	-	IEEE Std C37.14™-2015 & IEC TS 61936-2:2015
Indoor / outdoor switchgear	Indoor	-	IEEE Std C37.20.1™-2015
Ingress protection ratings (IP)	4X	-	IEC 60529, Ed. 2.2, 2015
Nominal breaking power	2	MW	IEEE Std 1709™-2018 and IEC TS 61936-2:2015
Nominal MVDC Class Rated Voltage	1.8/0.9 Single/Double	kV	Clause 5.2.1, IEEE Std 1709™-2018
Rated maximum voltage (V_d)	2.7(S)/1.35(D)	kV	IEEE Std 1709™-2018 and IEC TS 61936-2:2015
Rated short-duration withstand voltage to ground (U_d), for 1 minute[1]	3.6(S)/1.8(D)	kV	IEEE Std 1709™-2018 and IEC TS 61936-2:2015
Steady state dc voltage tolerances limits	±5%	-	Clause 2.8.3 IEC 60092-101, Ed. 4.1 b:2002
Rated continuous current (I_r)	1000	A	IEEE Std C37.14™-2015 & IEC TS 61936-2:2015
Rated peak current (I_p)	1200	A	IEEE Std C37.14™-2015 & IEC TS 61936-2:2015
Rated short-time withstand current (I_{sh})	1500	A	IEEE Std C37.14™-2015 & IEC TS 61936-2:2015
Rated duration of short circuit (tk)	0.05	s	IEEE Std C37.14™-2015 & IEC TS 61936-2:2015
short circuit detection method	PE-FMS*	-	*Pieso-electric fast mechanical switch
DCCB operation time (fault to clear)	0.005	s	
di/dt requirements during operation	4000	A/ms	IEEE Std 1709™-2018
Recovery voltage and Insulation performance test[2]	N/A	-	IEEE Std C37.14™-2015 and IEC TS 61936-2:2015
Grounding with low impedance and isolated from all other ground references?	YES	-	IEEE Std 142 and IEEE Std 1100
Clearances and Creepage	YES	-	IEC 60092-502 & 503, IEC 61010-1
EMI/EMC studies?[3]	NO	-	

Ingress protection test? [3]	NO	-	
burned-in test (50h at full load, 50h at min. specified load) at room temperature	YES	only If available in Iran	IEC/IEEE 60780-323
Type tests (Transient immunity, Environmental test, Vibration, shock, and impact test, Temperature storage test, Electromagnetic compatibility)? [3]	NO	-	IEEE Std C37.100 and IEEE Std 1899
functions test	YES	-	IEEE Std C37.14™-2015 & IEC TS 61936-2:2015
Routine tests (Dielectric test, Measurement of the resistance of the main circuit, Design and visual checks, Steady-state voltage test, interruption test)	YES	only If available in Iran	IEEE Std C37.100, IEEE Std 1899 IEEE Std 1709™-2018 and IEC TS 61936-2:2015
Operating temperature range	-5 to 40	°C	
Repetitive duty operations and normal maintenance?	200 operations At least	-	IEEE Std C37.14™-2015
No-load losses	5%	-	IEEE Std 1662™-2016
Efficiency	90%	-	IEEE Std 1662™-2016
Volumetric specific power density	15	MW/m^3	IEEE Std 1662™-2016
weight specific power density	60	kW/kg	IEEE Std 1662™-2016

The duration of the test may be reduced to one second (1s) if a voltage 20% greater than that specified. It applies to cables, fuses, switches or bus conductors while the requirements for power electronics are given in IEEE Std 1662.

Recovery voltage 1 ms after interruption shall be not less than 95% of the rated maximum voltage of the circuit breaker and shall be maintained for no less than 100 ms.

Technology readiness level (TRL) 5 is a prototype that meets all the requirements inside an enclosure at full voltage and power but not ready for industrial market.

برآورد هزینه‌های تولید یک نمونه

عناوین هزینه (برای هر مجموعه)	مبلغ (میلیون ریال)
هزینه پرسنلی تحقیقات اولیه	۷،۰۰۰
تجهیزات	۲،۰۰۰
تست و اخذ گواهیهای داخلی	۲،۰۰۰
اخذ گواهی بین المللی و تستهای خارج کشور	۲۰،۰۰۰

اطلاعات تکمیلی

- اساس کلید هیبریدی بر قطع سریع بدون قوس قابل مشاهده است.

- **بازار کاملا نو و جزیره ای است.** شش ماه پیش (در ۲۶ دسامبر ۲۰۲۲)، اولین کلید بدون قوس: **در خط ۳ مترو ژنگژو** چین بهره برداری شد.

- مقایسه با کلید DC هوایی:

۱. کاهش زمان قطع از ده ها به کمتر از ۴ میلی ثانیه می یابد
۲. تجهیزات پس از هر بار قطع، نیازی به تعمیر و نگهداری ندارند.
۳. تعداد قطع جریان خطا به بیش از ۲۰۰ بار افزایش می یابد.
4. حفاظتی ایمن تر و مطمئن تر را برای سیستم DC ریلی فراهم می کند.

با تشکر از حسن توجه شما