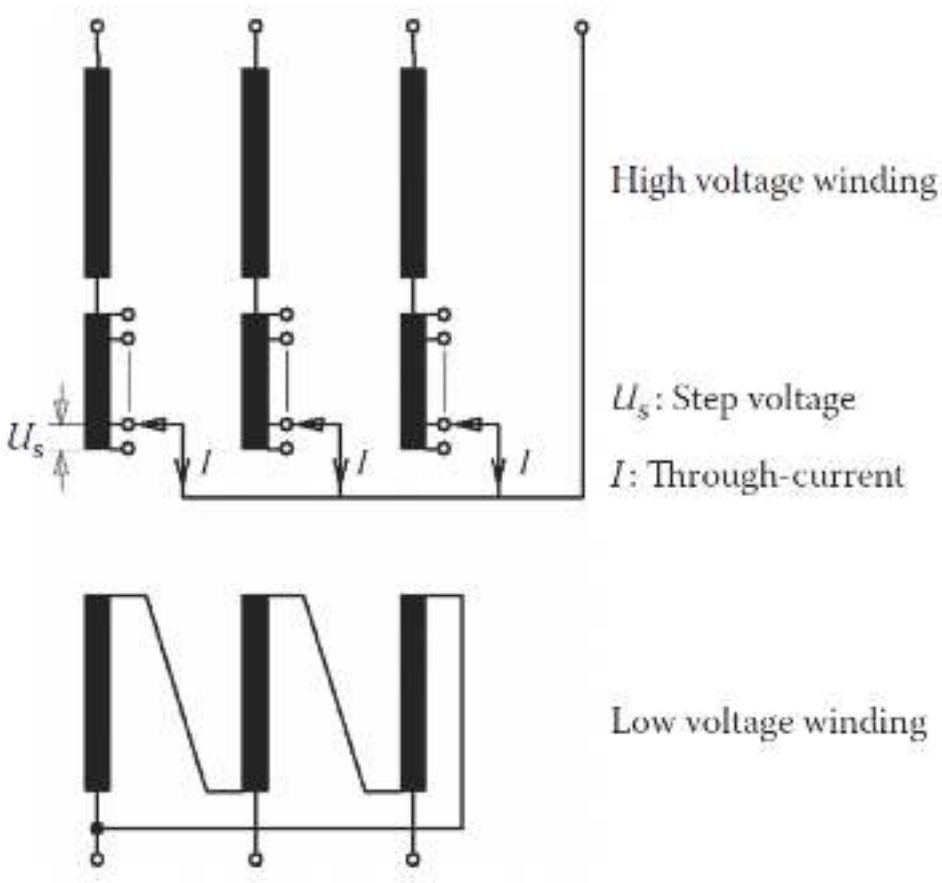
آشنایی با
تپ چنجرهای تحت بار

شرکت انرژان

دکتر پدرام الهامی نیا

علت نیاز به تپ چنجر

سیم پیچی تنظیم ولتاژ



تپ چنجر غیر قابل قطع زیر بار

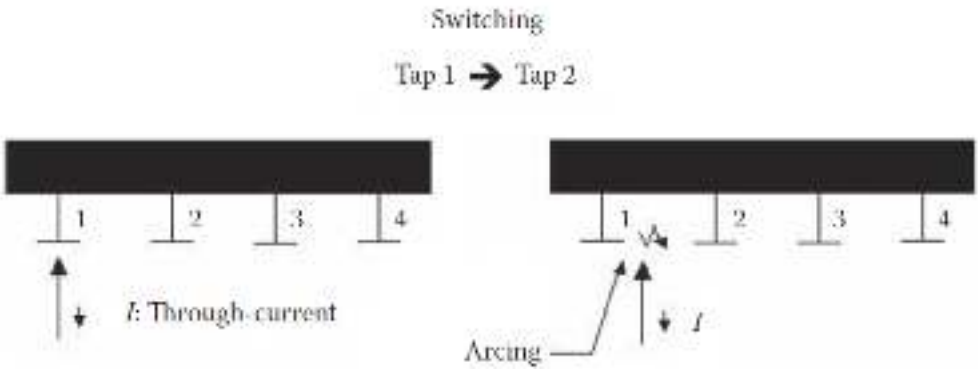
تپ چنجر غیر قابل قطع تحت بار :

این نوع تپ چنجر تنها زمانی که ترانسفورماتور بی بار باشد میتواند تپ را تغییر دهد.

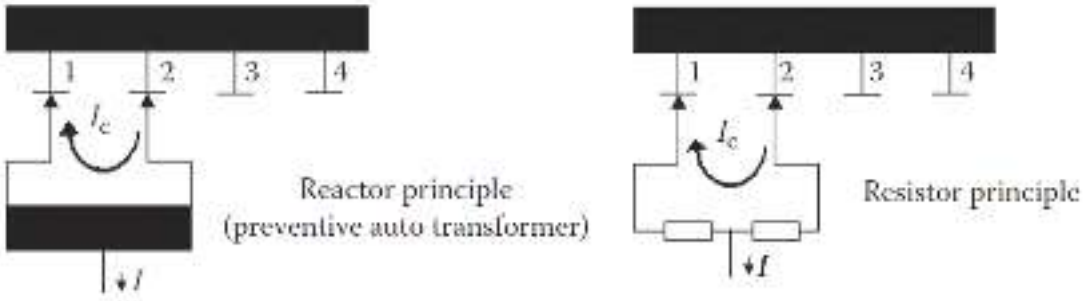
این نوع تپ چنجرها نیز علیرغم سادگی مکانیزم عملکرد دارای پیچیدگی های خاصی هستند که بسیار حائز اهمیت است.

در این جا این نوع تپ چنجر مورد بحث قرار نمیگیرد.

اصول تغییر تپ تحت بار



اتصال خروجی به تپ جدید
قبل از قطع کردن تپ قبلی



محدود کردن جریان
چرخشی با استفاده از یک
مقاومت یا راکتور

انواع کلی تپ چنجر تحت بار (بر اساس روش محدود کردن جریان)

- یک تقسیم بندی انواع تپ چنجر بر اساس روش محدود کردن جریان چرخشی در زمان اتصال همزمان دو تپ به یکدیگر است. اگر جریان به وسیله مقاومت محدود شود تپ چنجر از نوع مقاومتی و اگر به وسیله راکتور محدود شود از نوع راکتوری است.
- به مقاومتی که برای محدود کردن جریان استفاده می شود **Transition Resistor** می گویند.
- تپ چنجرهای نوع راکتوری تنها در آمریکا مورد استفاده قرار می گیرد.

طبقه بندی بر اساس روش محدود کردن جریان	
مقاومت	راکتور (سلف)
مقاومتی (Resistor Type)	راکتوری (Reactor Type)

انواع کلی تپ چنجر تحت بار (بر اساس مکانیزم تغییر تپ)

- یک تقسیم بندی دیگر نیز برای انواع تپ چنجر قابل ارائه است که عبارت است از :

۱- سلکتور سوییچ (Selector Switch)

۲- تپ سلکتور – دایورتر سوییچ (Tap Selector + Diverter Switch) یا به اختصار دایورتر سوییچ

طبقه بندی بر اساس مکانیزم تغییر تپ	
سلکتور سوییچ	دایورتر سوییچ

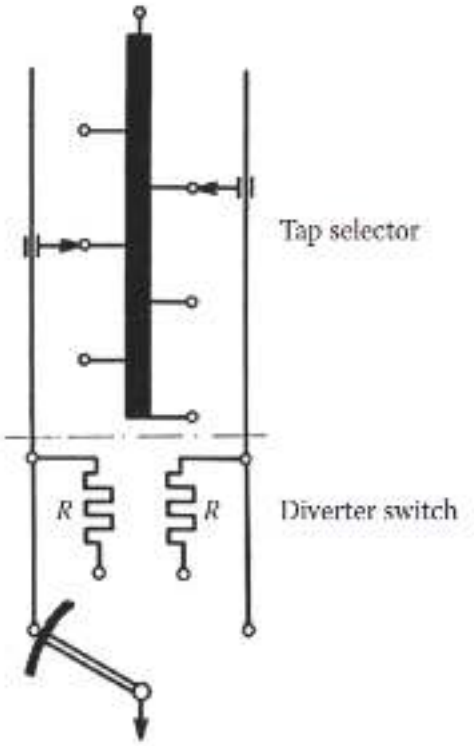
Diverter switch:
Switching device used in conjunction with a tap selector to carry, make or break currents in circuits which have already been selected

+

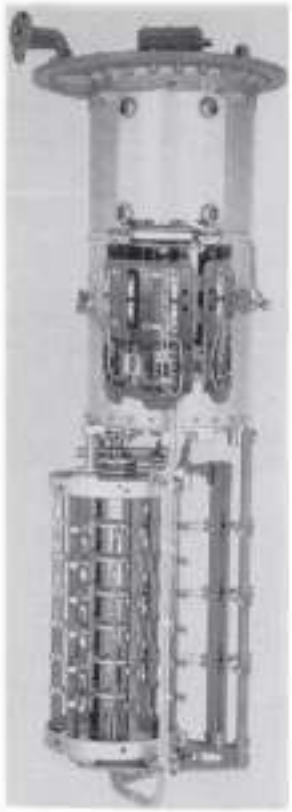
Tap selector:
Device designed to carry, but not to make or break, current, used in conjunction with a diverter switch to select tap connections
Examples: VACUTAP® VRC, OILTAP® M

Selector switch:
Switching device capable of making, carrying and breaking current, combining the duties of a tap selector and a diverter switch
Examples: VACUTAP® VV, OILTAP® V

تپ چنجر از نوع تپ سلکتور + دایورتر سوییچ

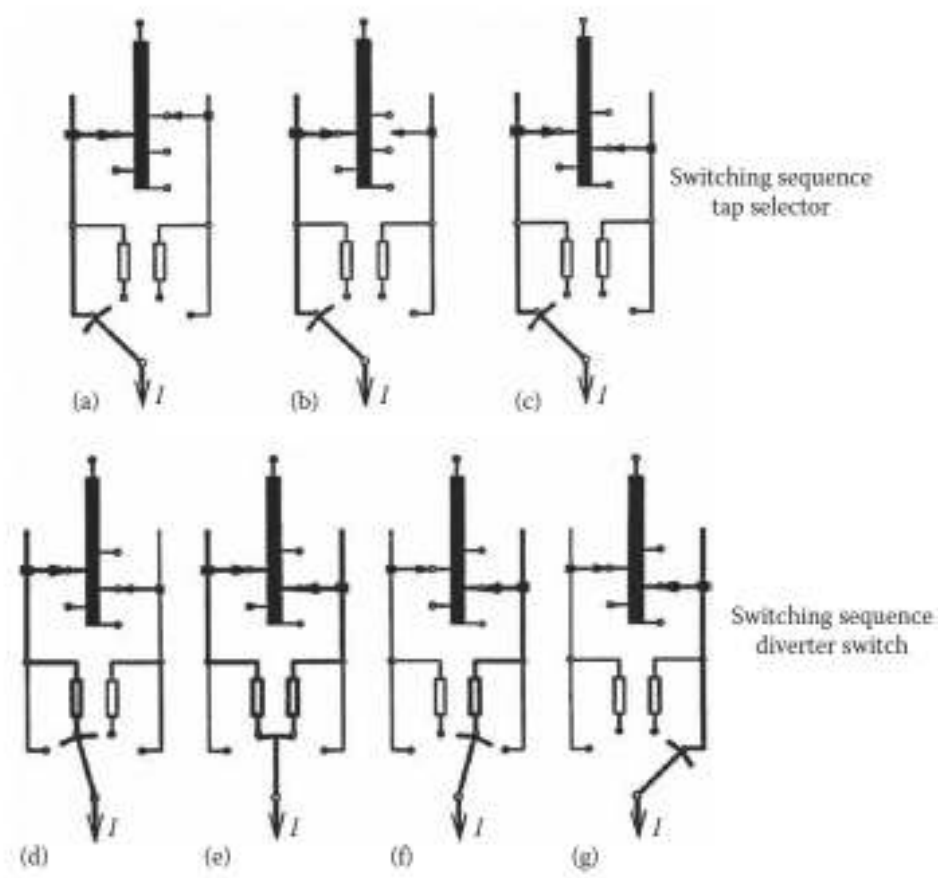


Switching principle

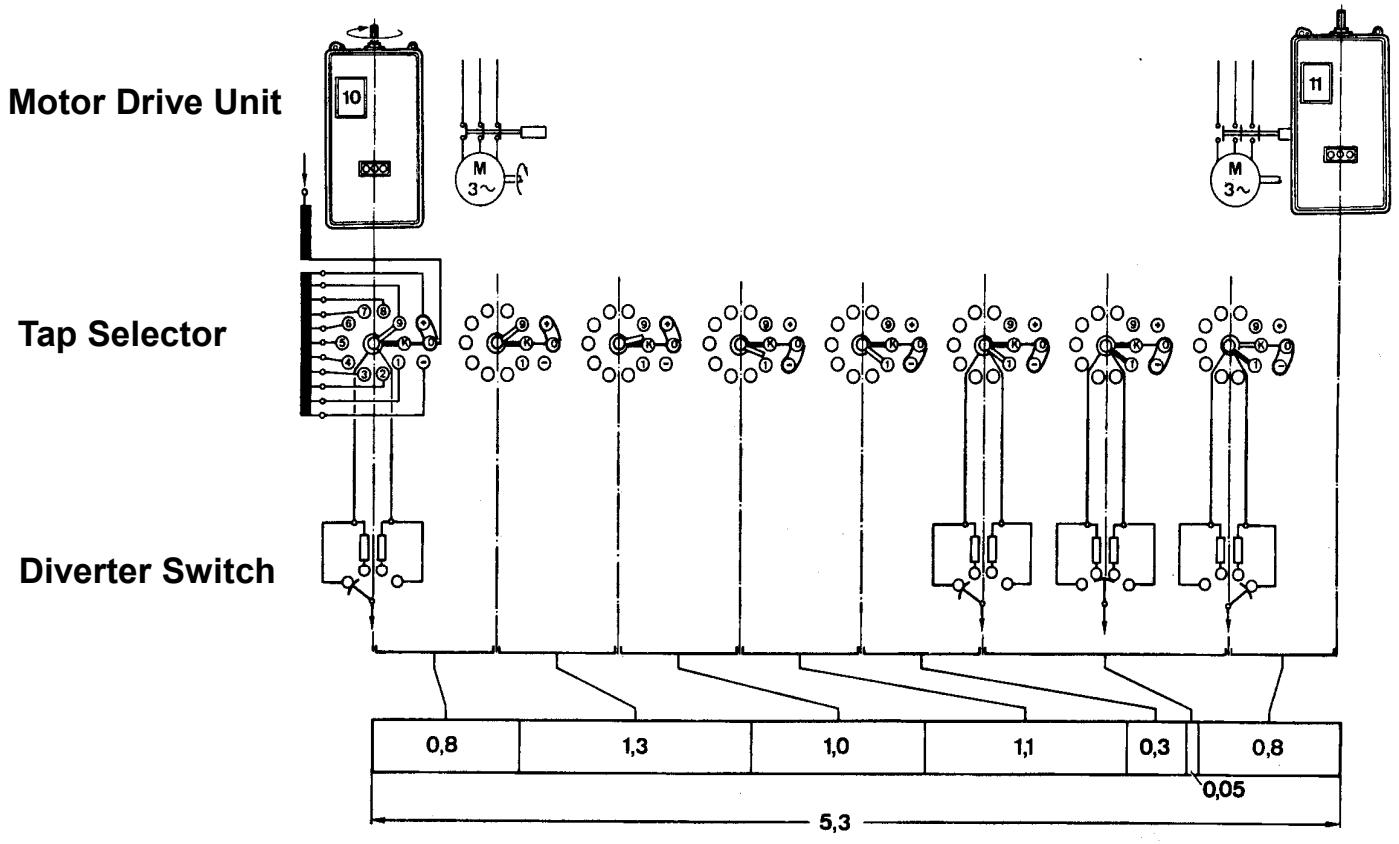


Design

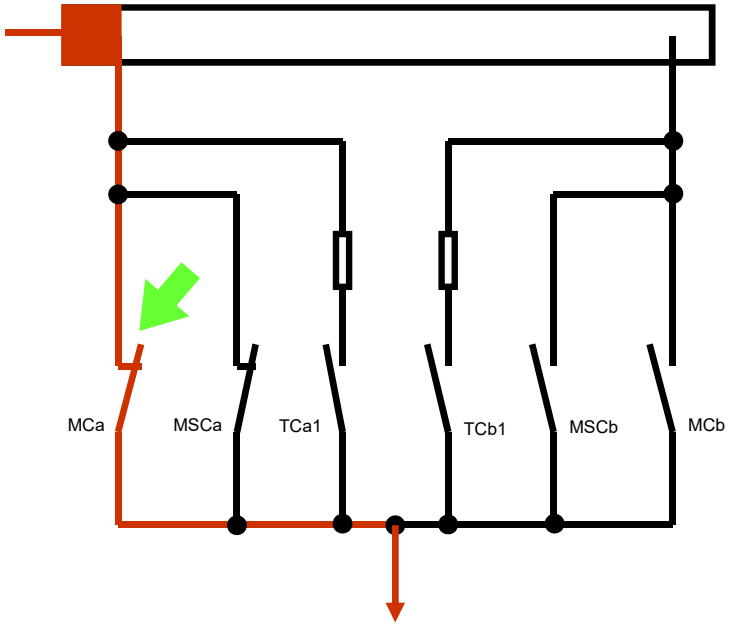
تپ چنجر از نوع تپ سلکتور + دایورتر سوییچ



تپ چنجر از نوع تپ سلکتور + دایورتر سوییچ



عملکرد دایورتر سوییچ



MC = Main Contact

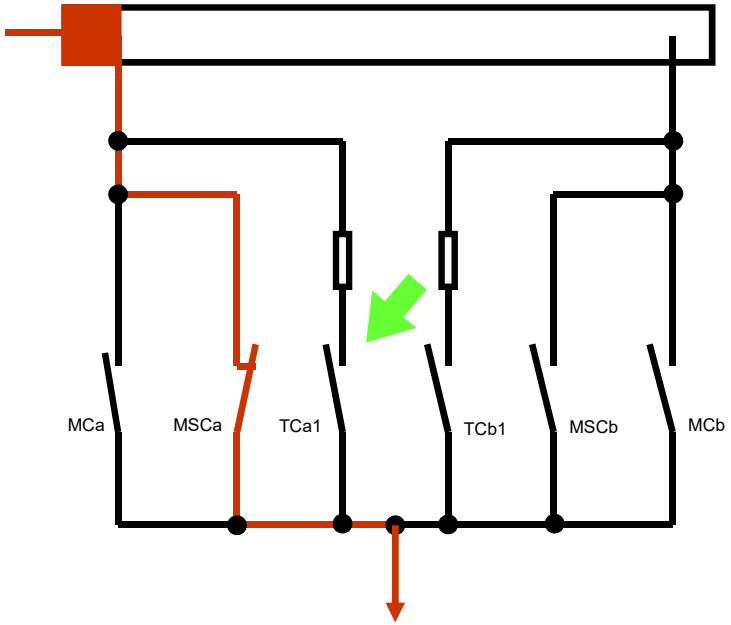
MSC = Main Switching Contact

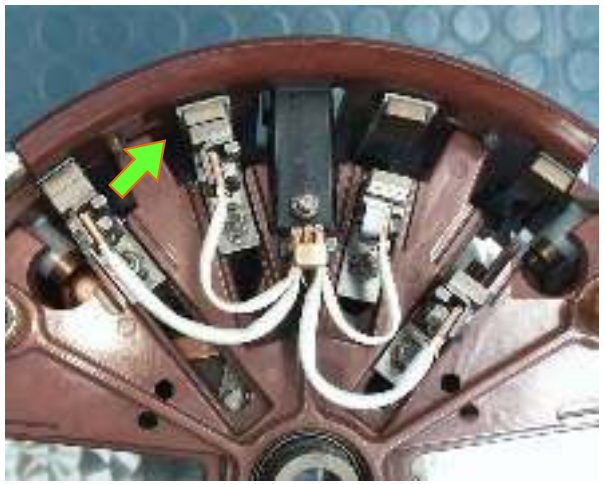
TC = Transition Contacts

a = Diverter Switch Side a

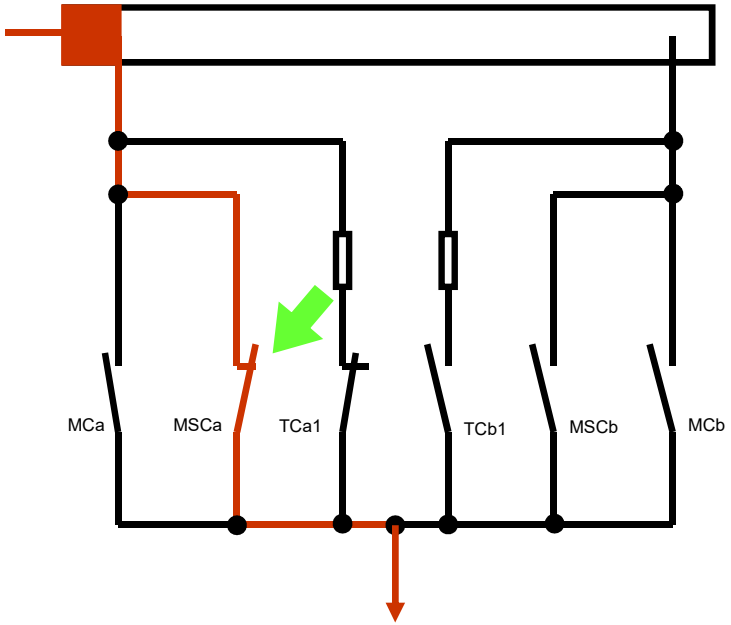
b = Diverter Switch Side b

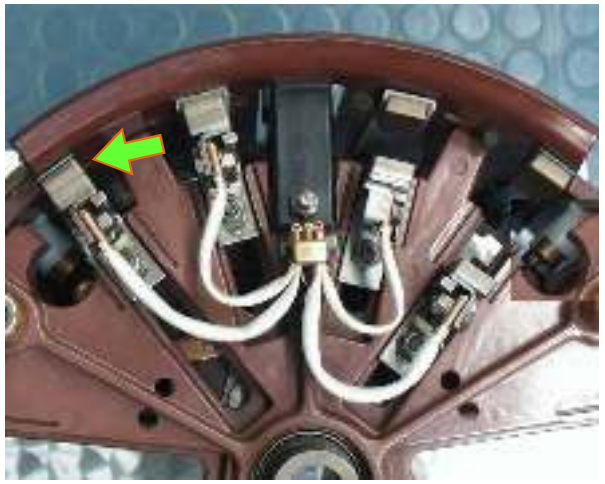
عملکرد دایورتر سوییچ



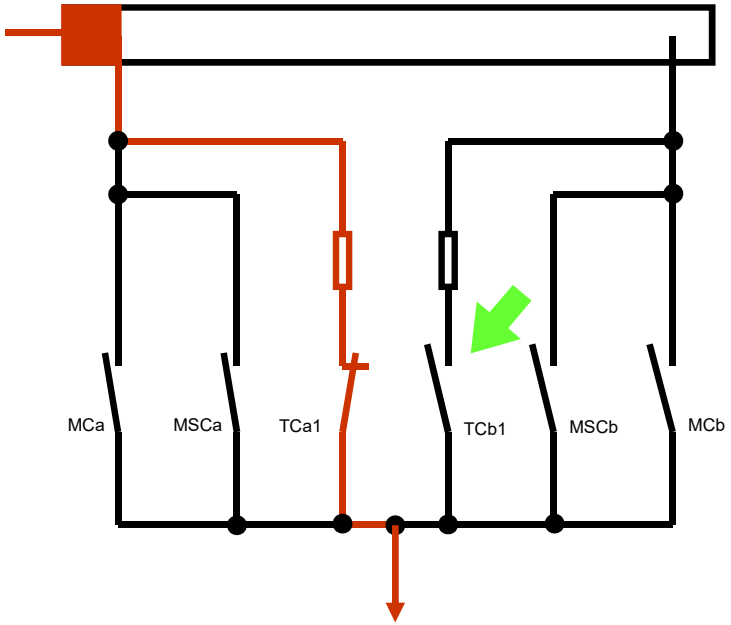


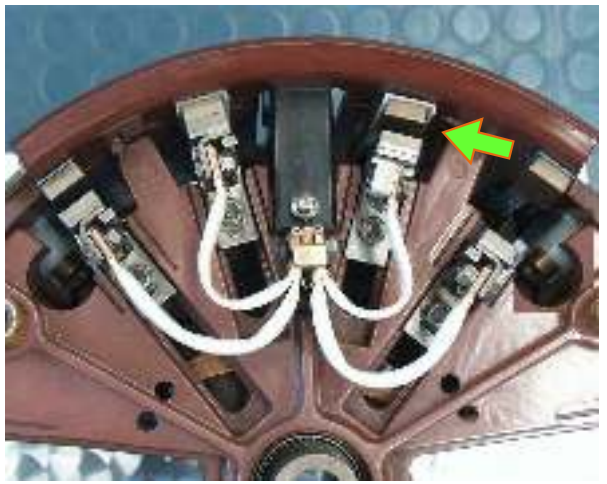
عملکرد دایورتر سوییچ



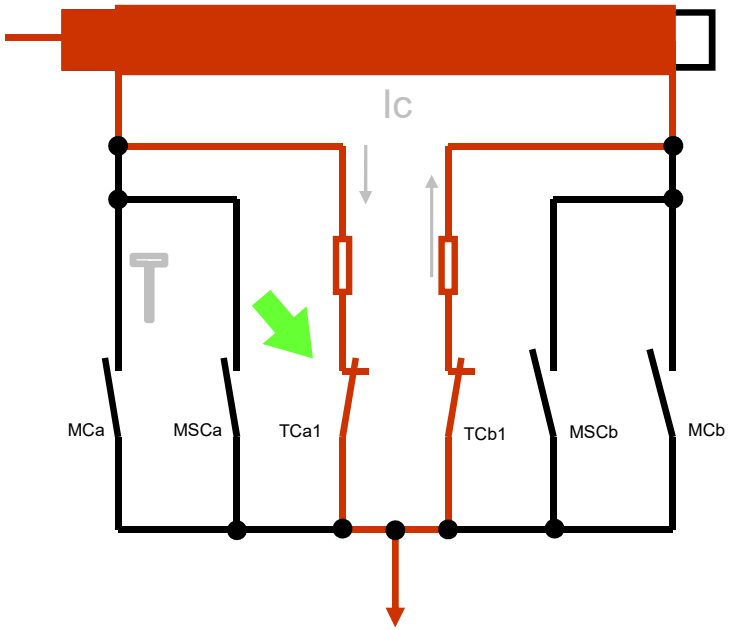


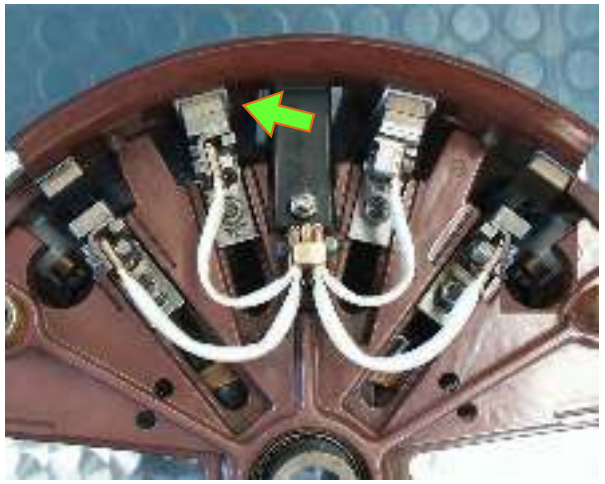
عملکرد دایورتر سوییچ



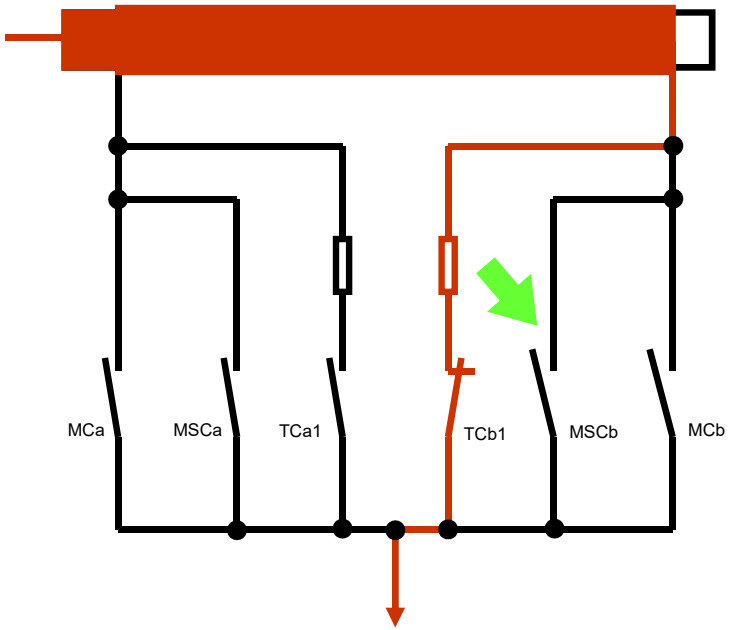


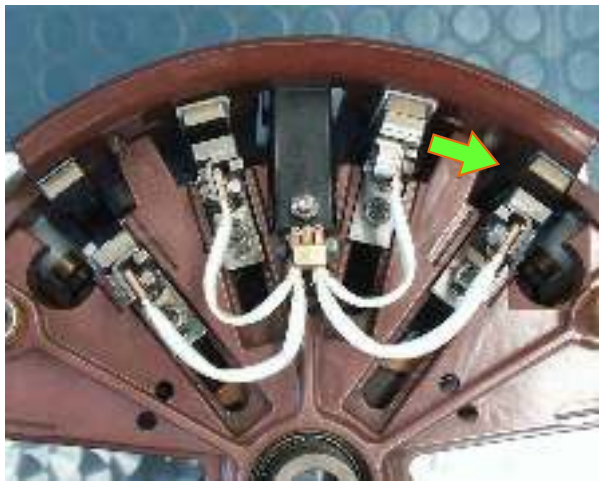
عملکرد دایورتر سوییچ



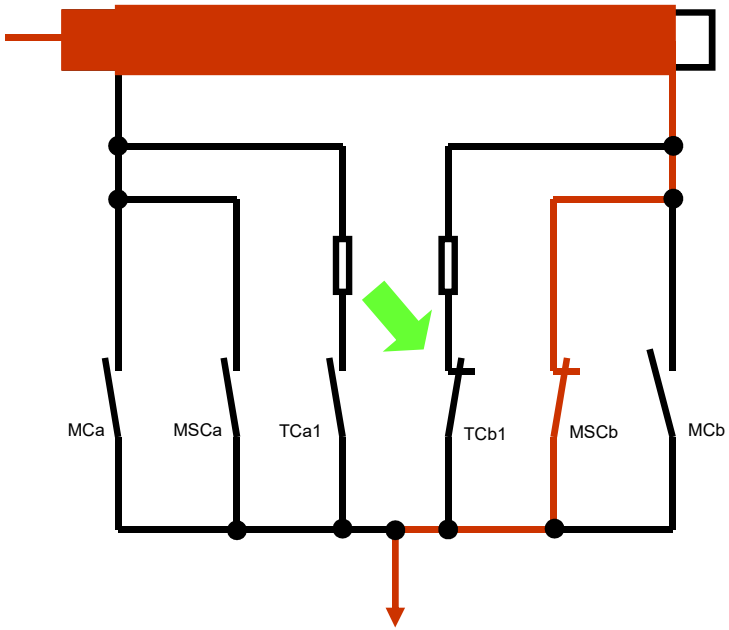


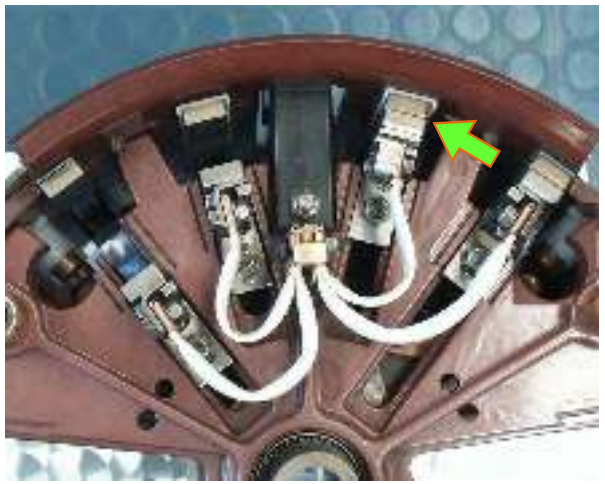
عملکرد دایورتر سوییچ



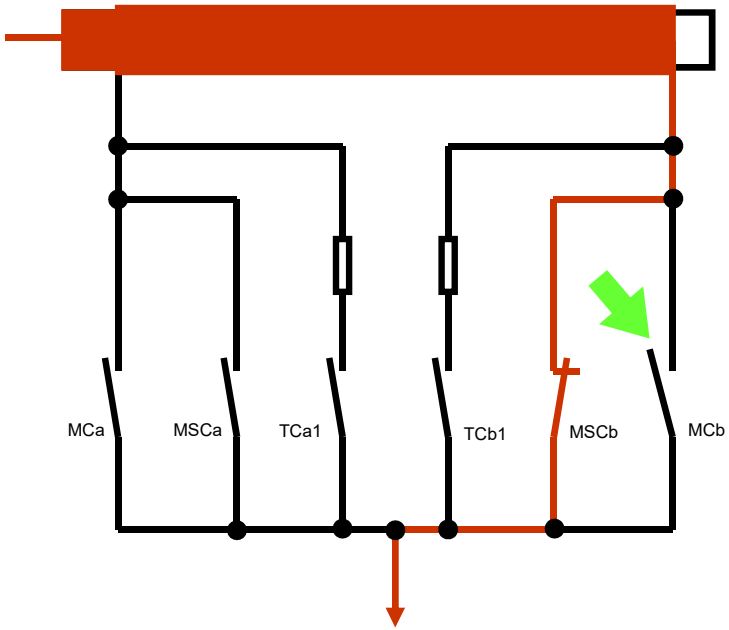


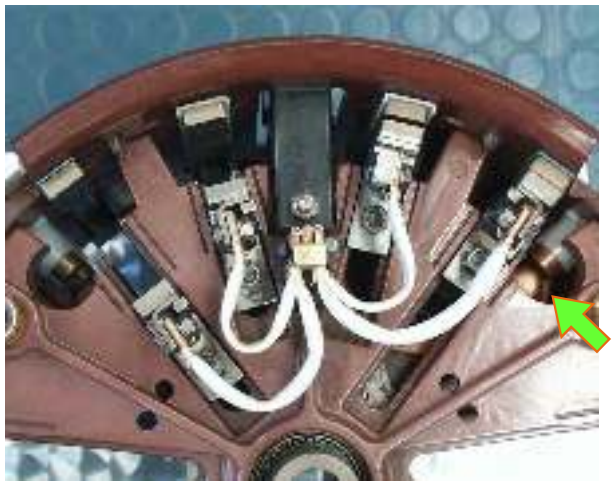
عملکرد دایورتر سوییچ



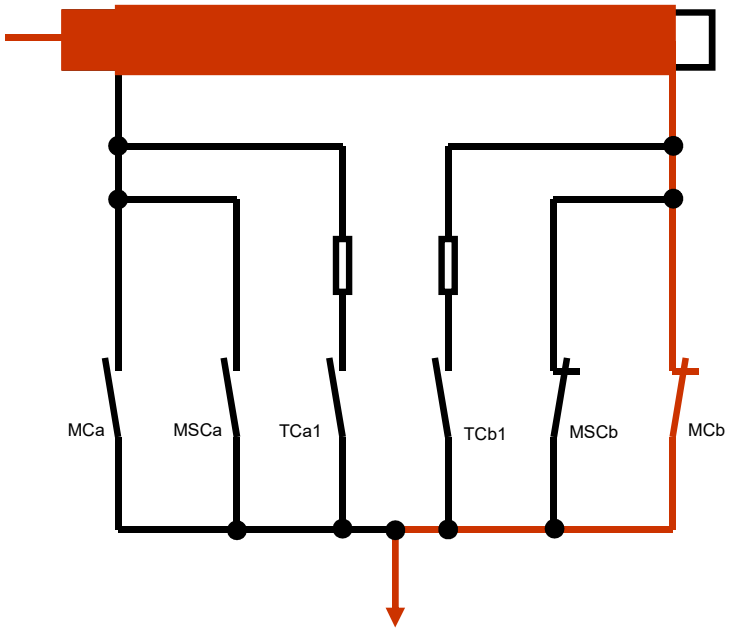


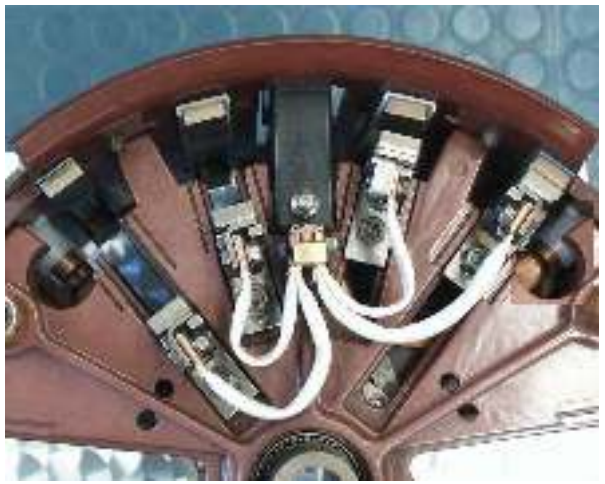
عملکرد دایورتر سوییچ



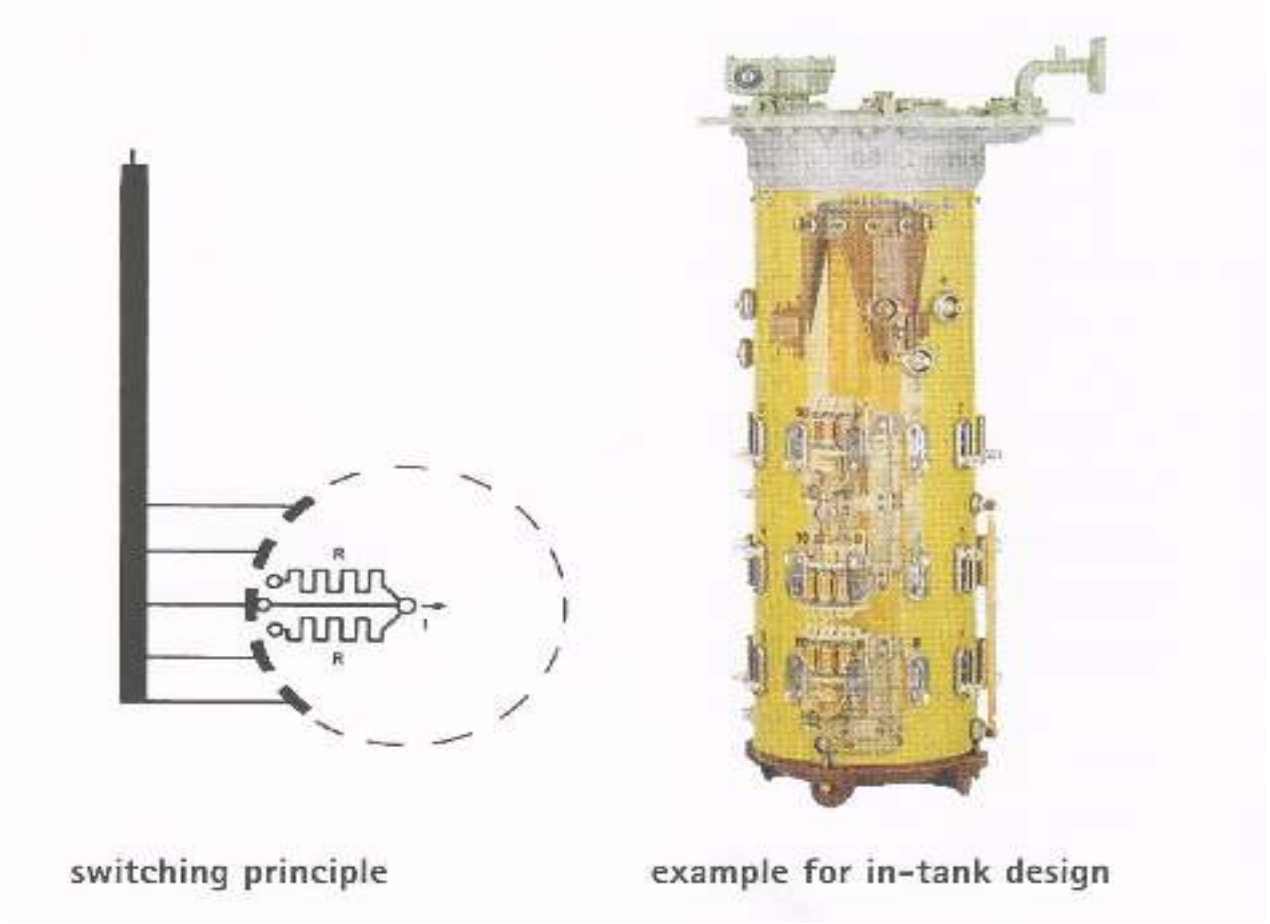


عملکرد دایورتر سوییچ

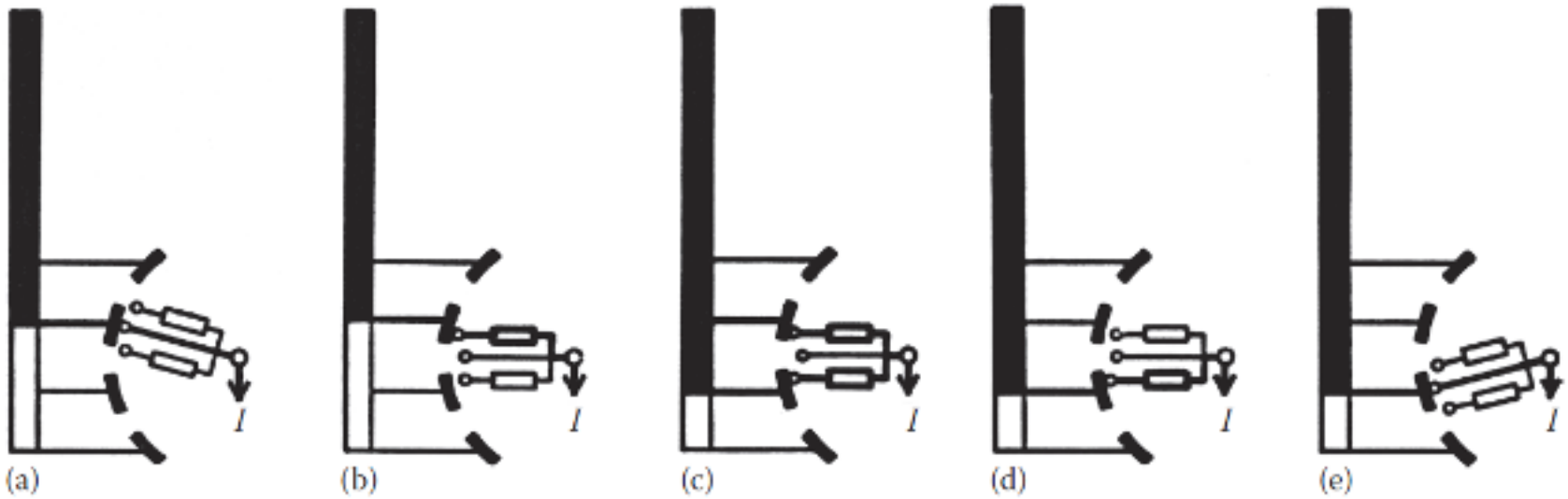




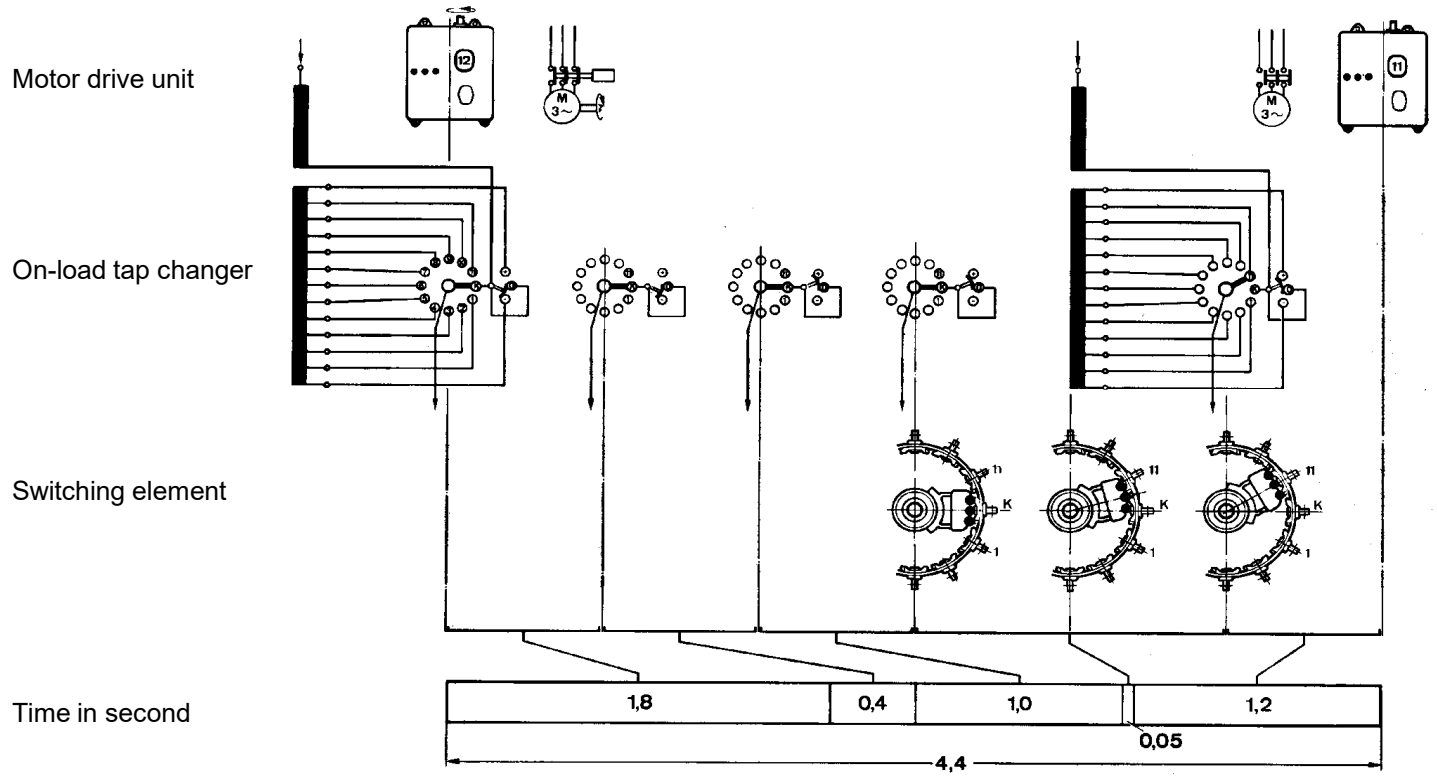
تپ چنجر از نوع سلکتور سوییچ



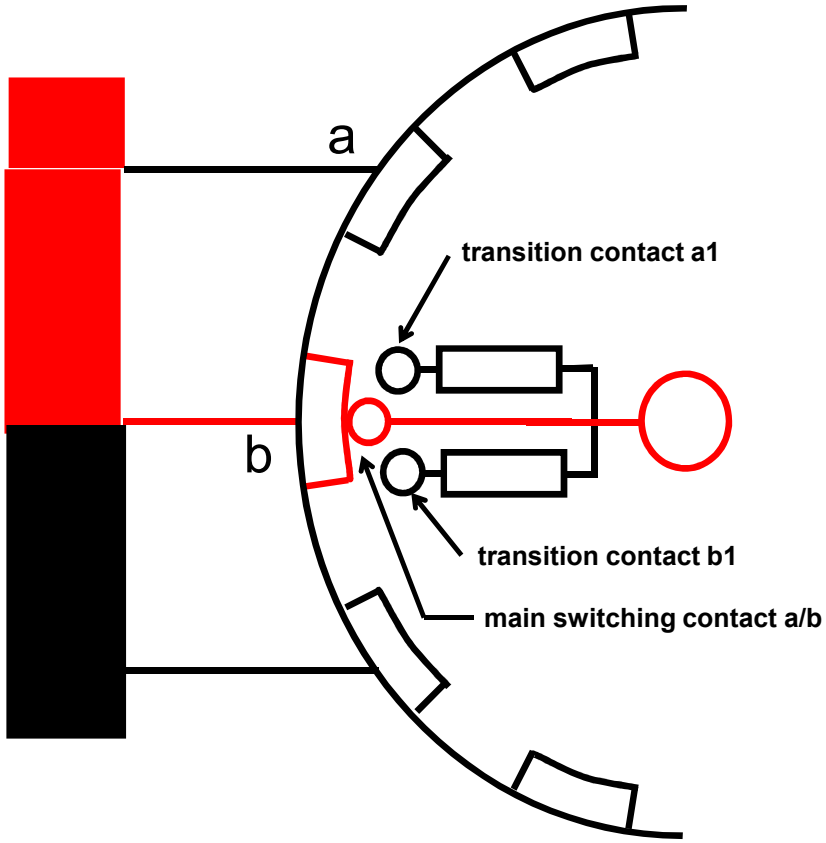
عملکرد تپ چنجر از نوع سلکتور سوییچ



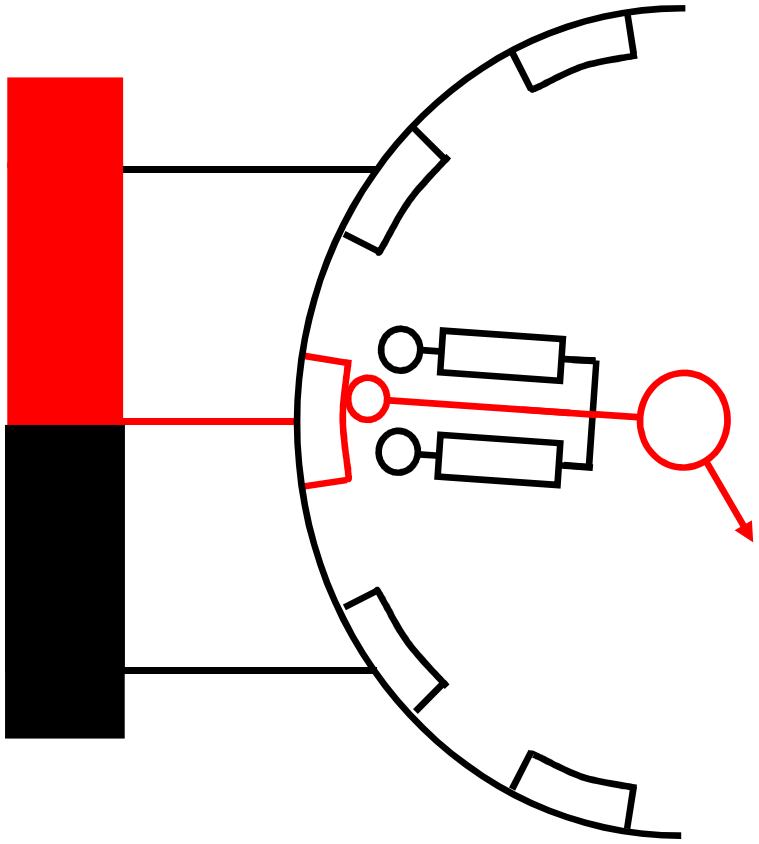
عملکرد سلکتور سوییچ



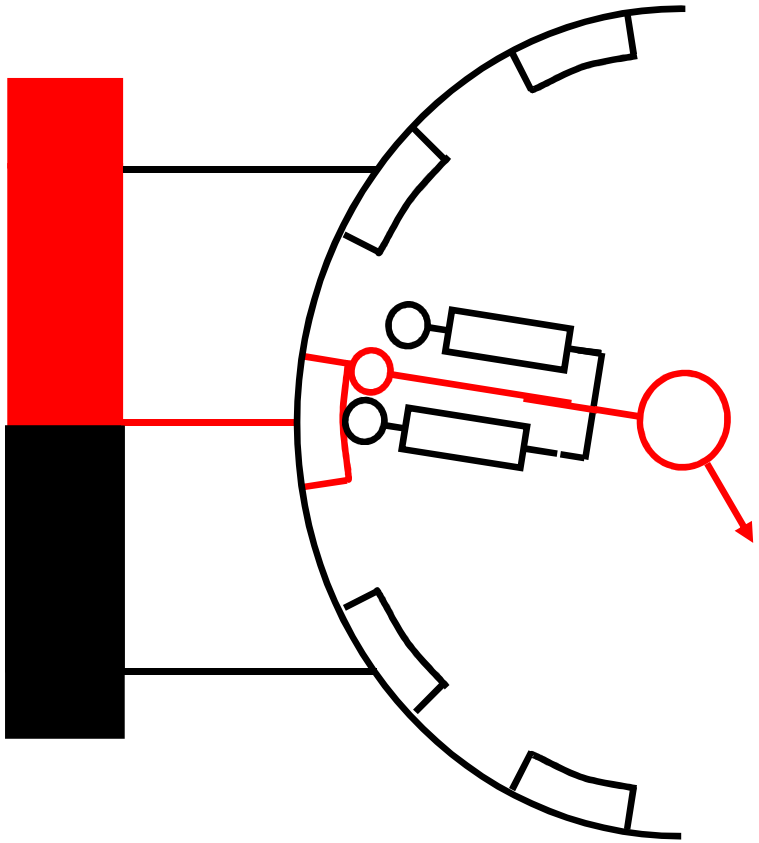
عملکرد سلکتور سوییچ



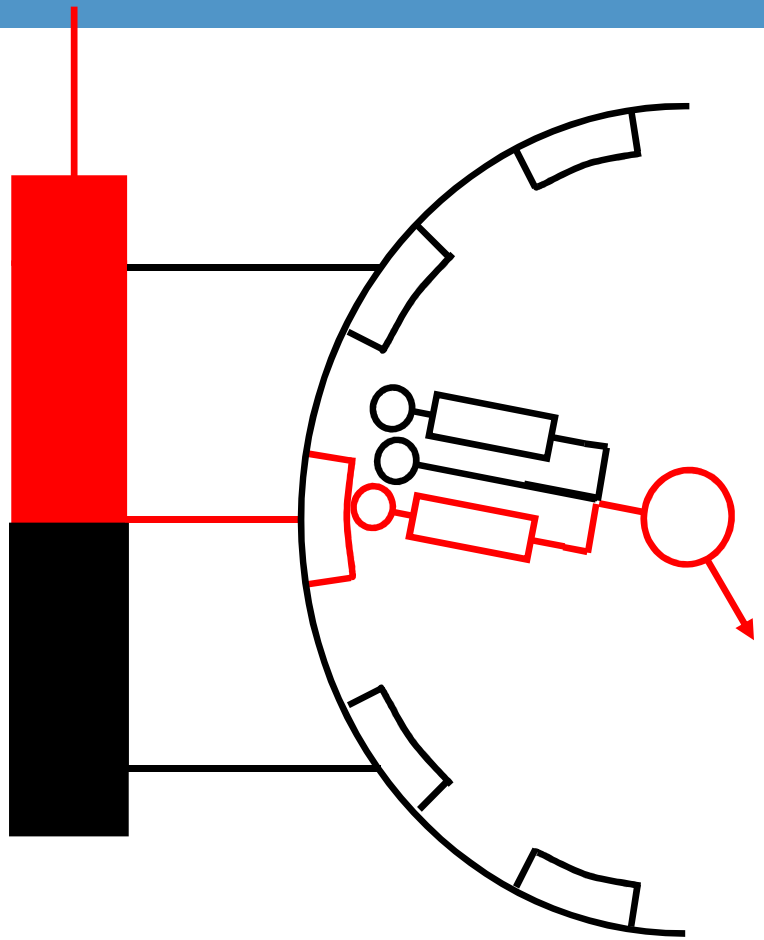
عملکرد سلکتور سوییچ



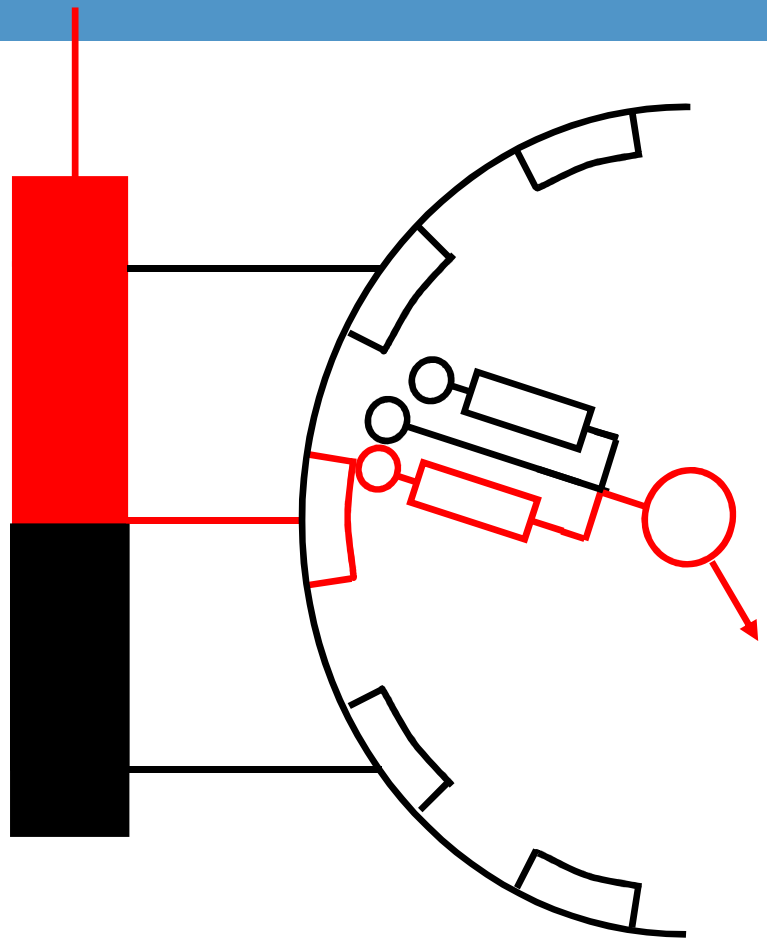
عملکرد سلکتور سوییچ



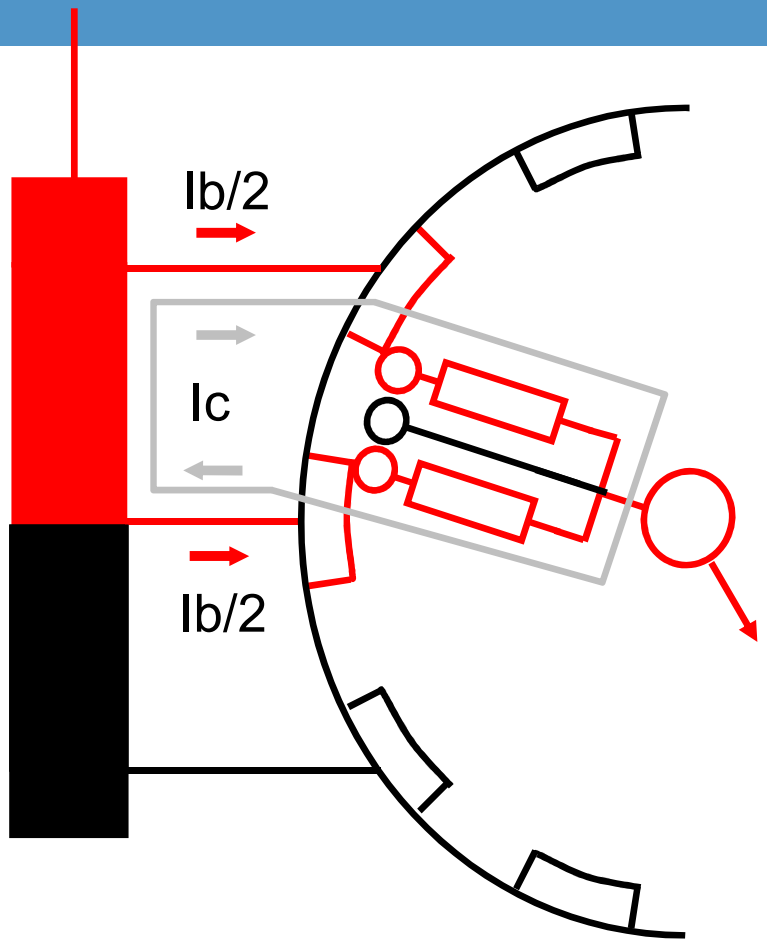
عملکرد سلکتور سوییچ



عملکرد سلکتور سوییچ



عملکرد سلکتور سوییچ



انواع کلی تپ چنجر تحت بار (بر اساس محیط قطع جریان در زمان تغییر تپ)

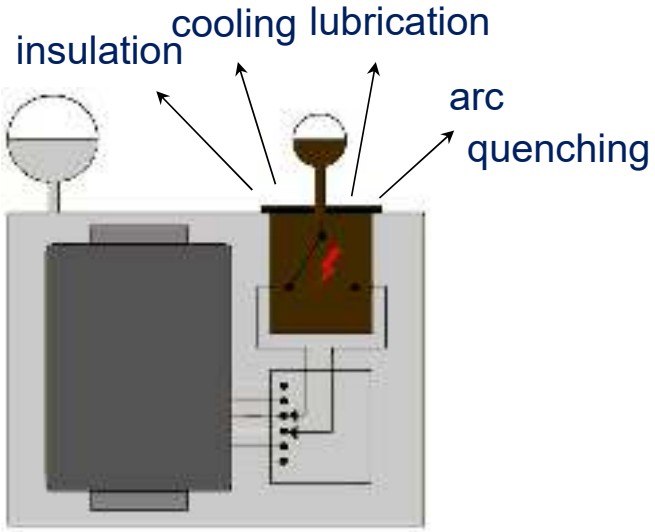
- یک تقسیم بندی دیگر برای انواع تپ چنجر بر اساس محیطی است که جریان کنتاکت های تپ چنجر در آن قطع میشود و ایجاد جرقه میکند.
- اگر جریان کنتاکت ها در حین تغییر تپ در روغن از یکدیگر جدا شوند تپ چنجر از نوع روغنی و اگر در خلاء از یکدیگر جدا شوند تپ چنجر از نوع خلا خواهد بود.

طبقه بندی بر اساس محیط قطع جریان	
روغن	خلا
روغنی (Oil Type)	خلا (Vacuum Type)

انواع کلی تپ چنجر تحت بار (بر اساس محیط قطع جریان در زمان تغییر تپ)

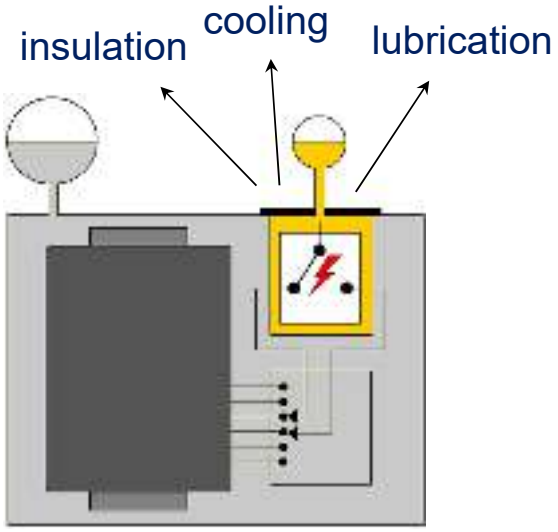
سوییچ زنی در روغن

(OILTAP®)

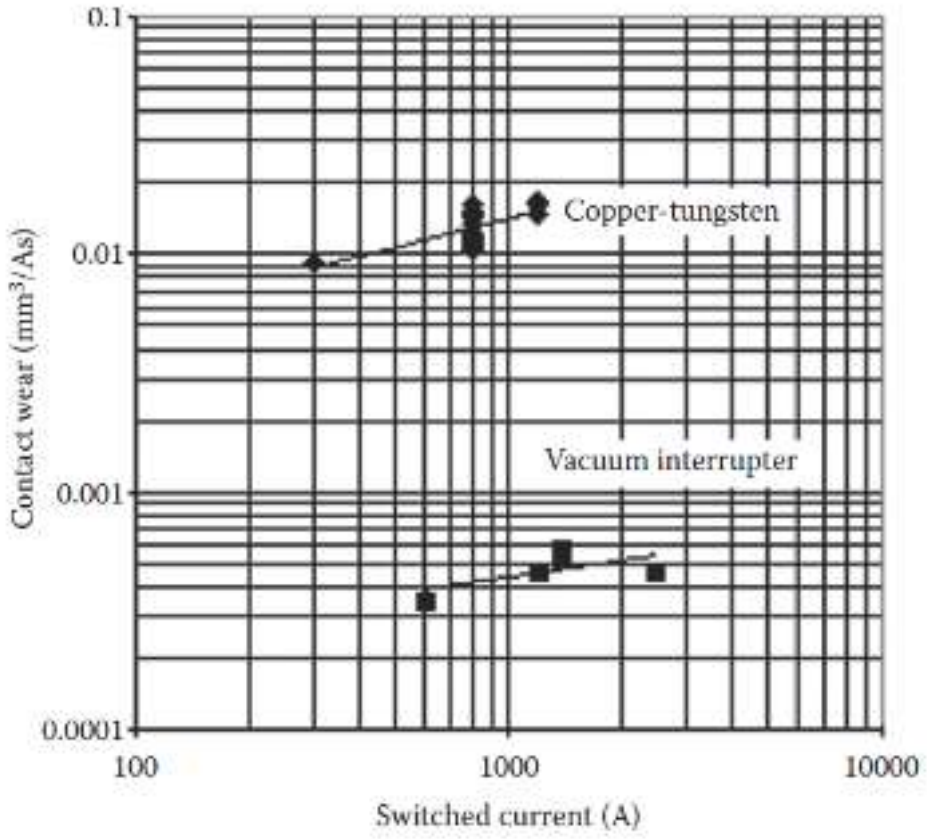


سوییچ زنی در خلا

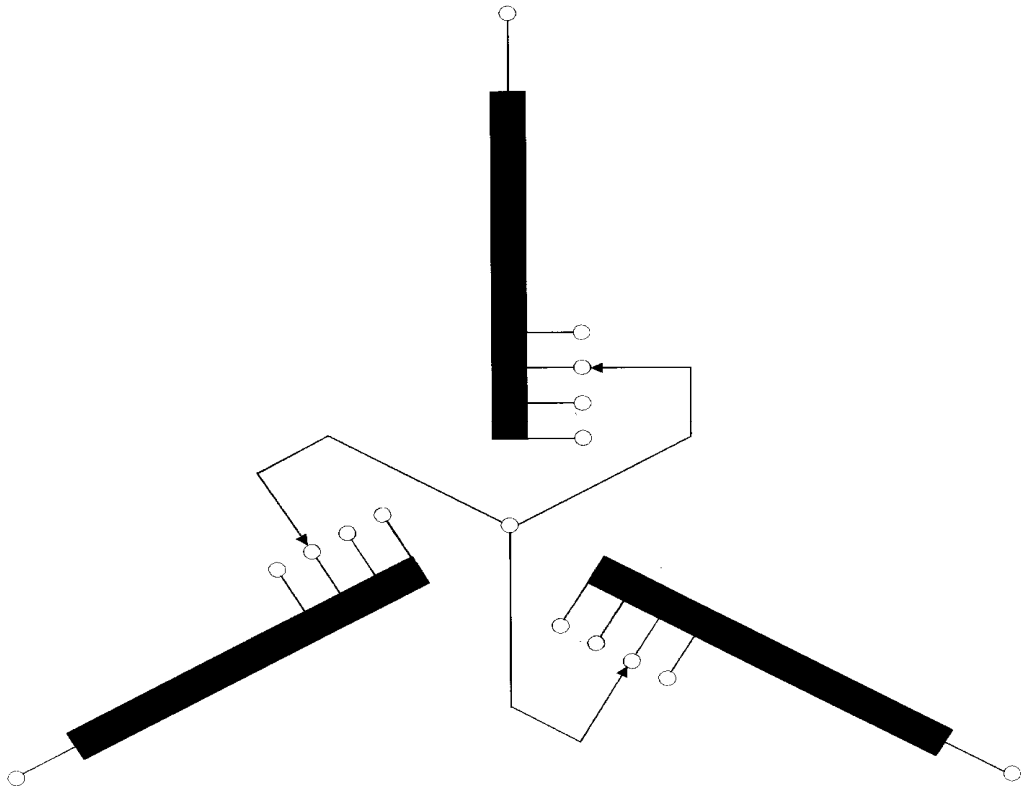
(VACUTAP®)



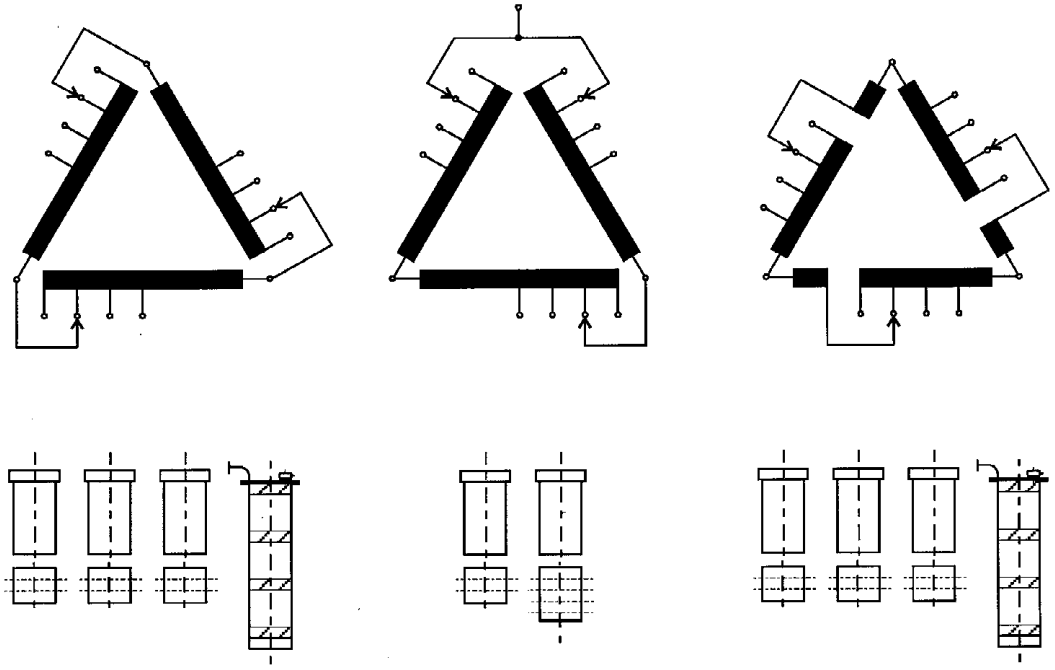
انواع کلی تپ چنجر تحت بار (بر اساس محیط قطع جریان در زمان تغییر تپ)



محل قرار گیری سیم پیچی تنظیم ولتاژ در سیم پیچی ستاره



محل قرار گیری سیم پیچی تنظیم ولتاژ در سیم پیچی مثلث (دلتا)

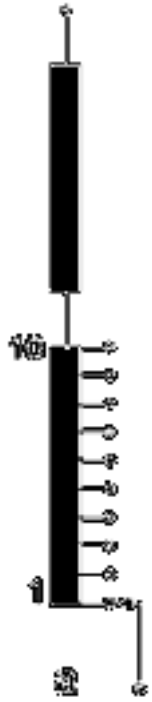


a) 3-poliger Stufenschalter
am Wicklungseingang

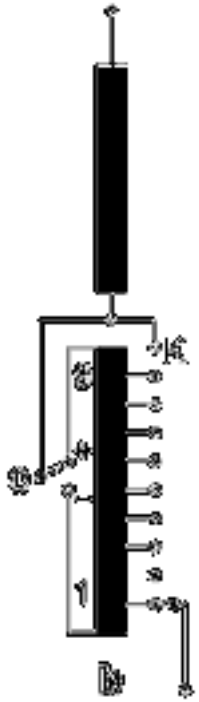
b) 2-poliger + 1-poliger
Stufenschalter
am Wicklungseingang

c) 3-poliger Stufenschalter
in der Wicklungsmitte

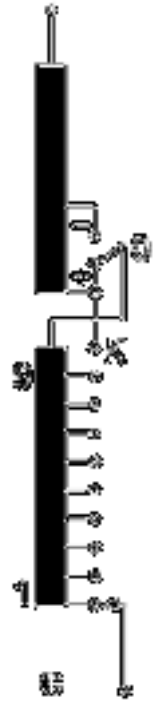
انواع سیم پیچی تنظیم ولتاژ



Linear
(Without Change Over Selector)



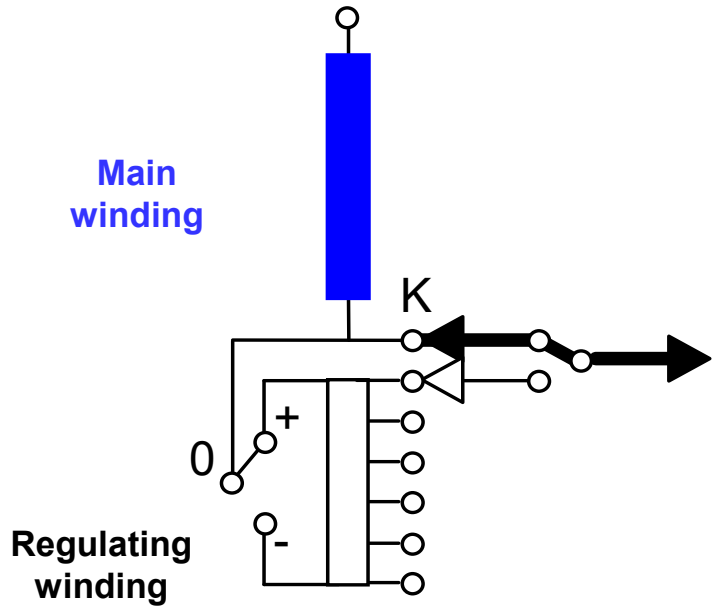
Reversing Change Over Selector



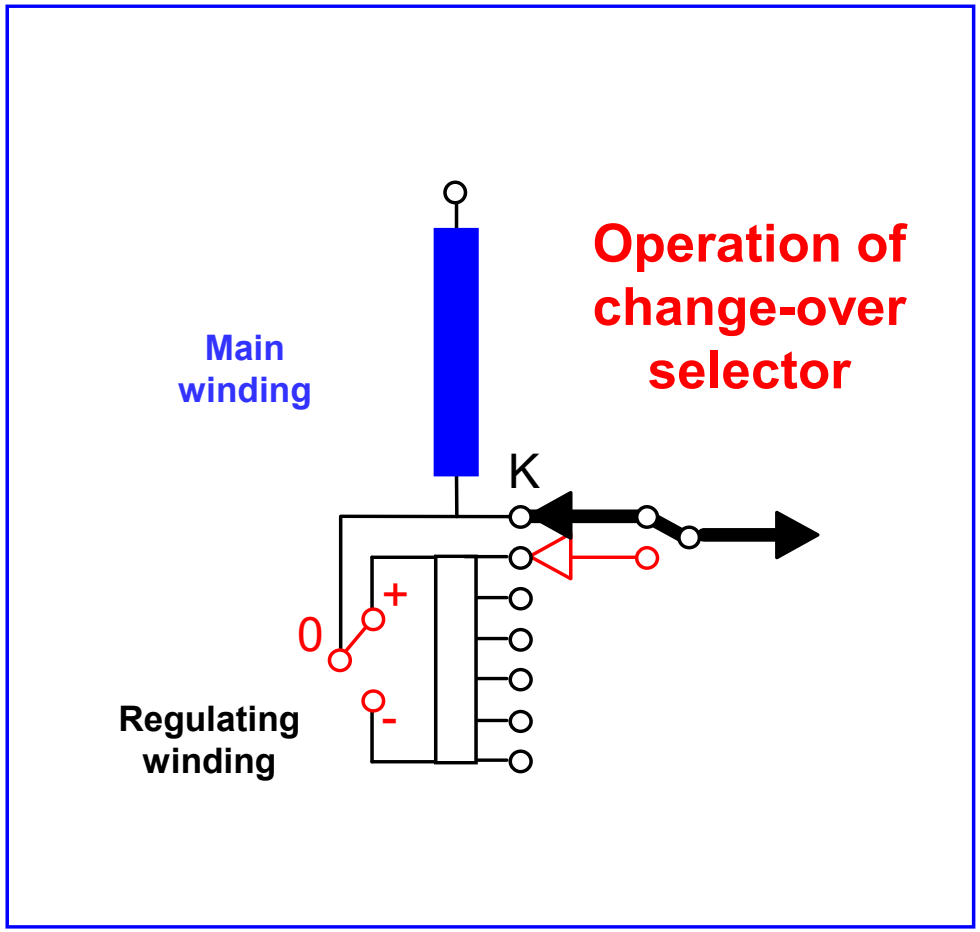
Coarse Change Over Selector

Tie-In Resistor معرفی

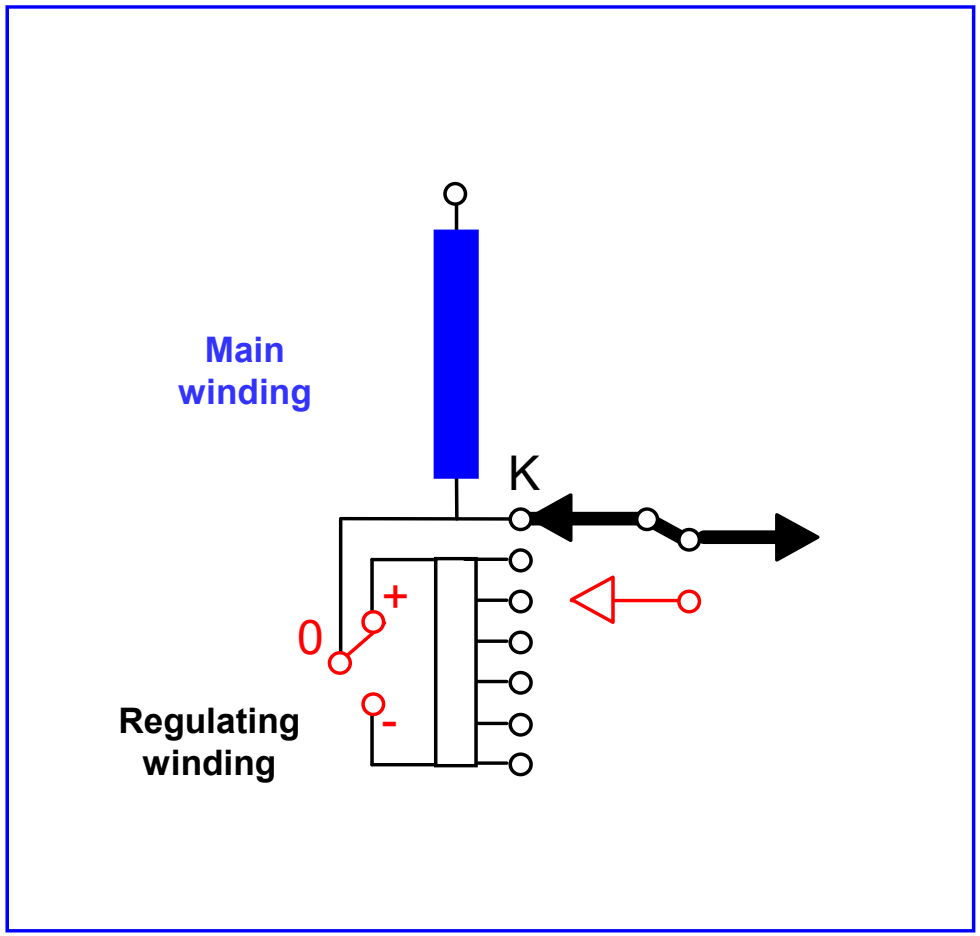
OLTC in reversing switch connection



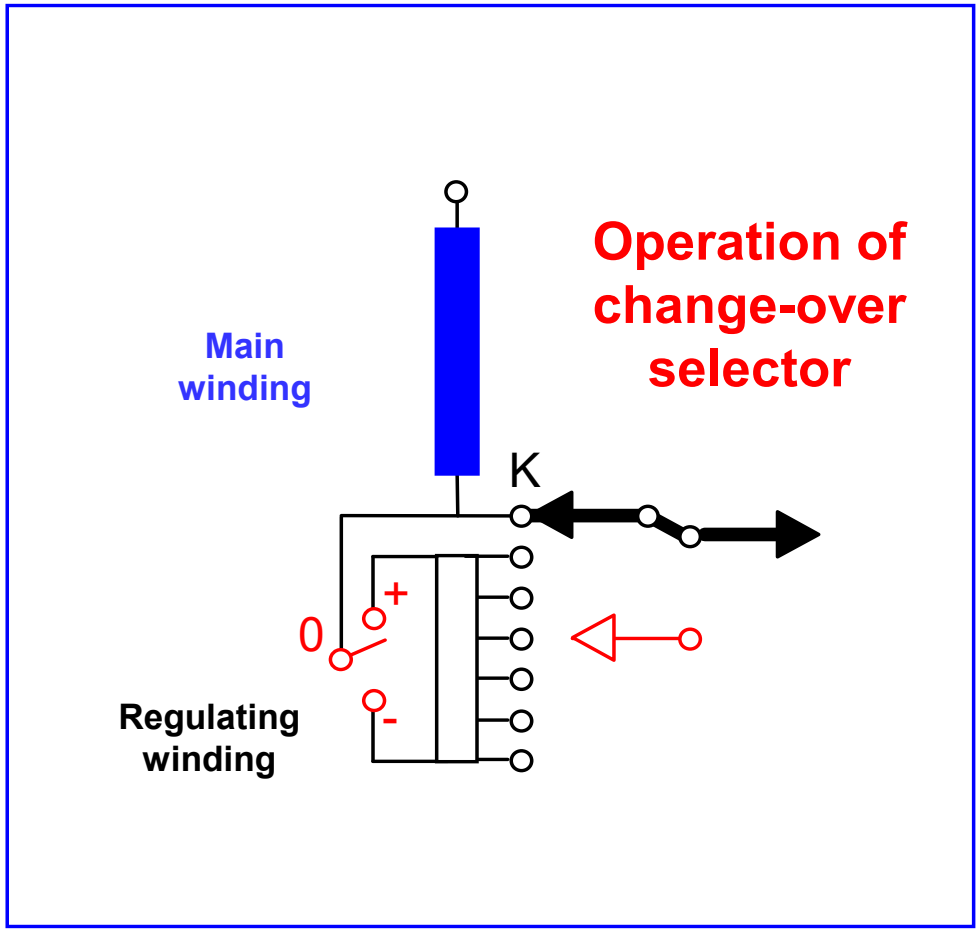
Tie-In Resistor معرفی



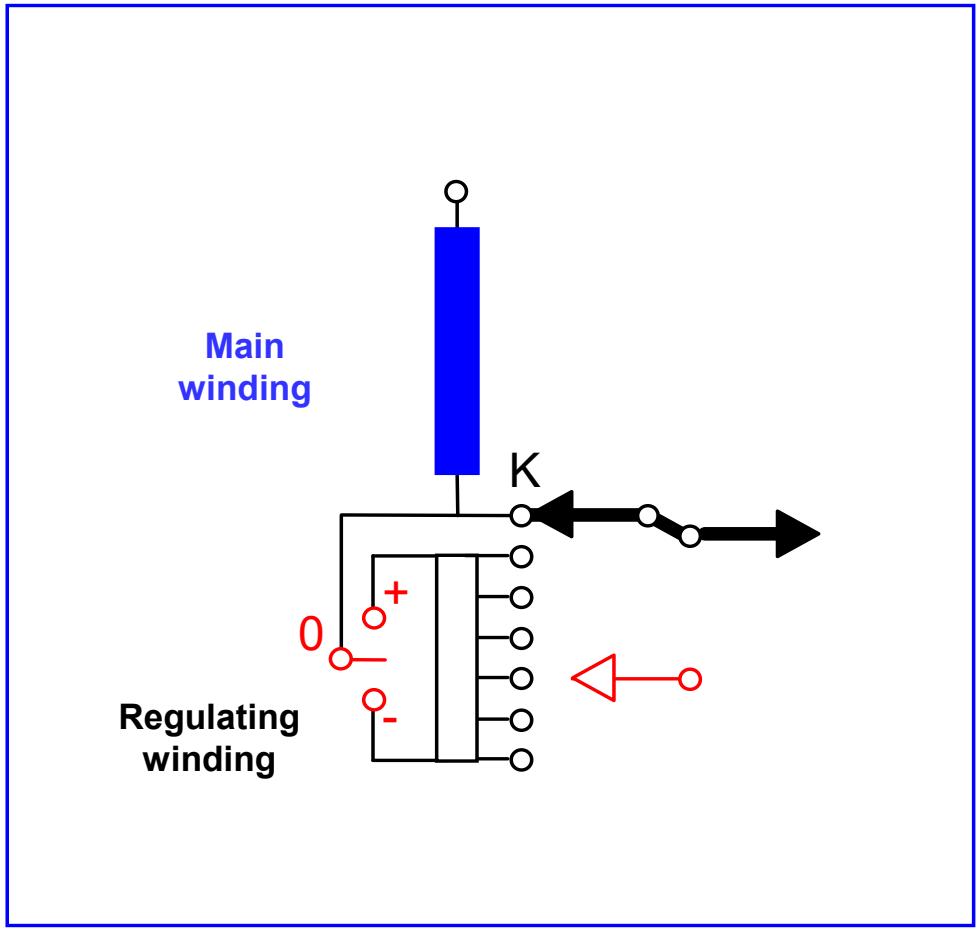
Tie-In Resistor معرفی



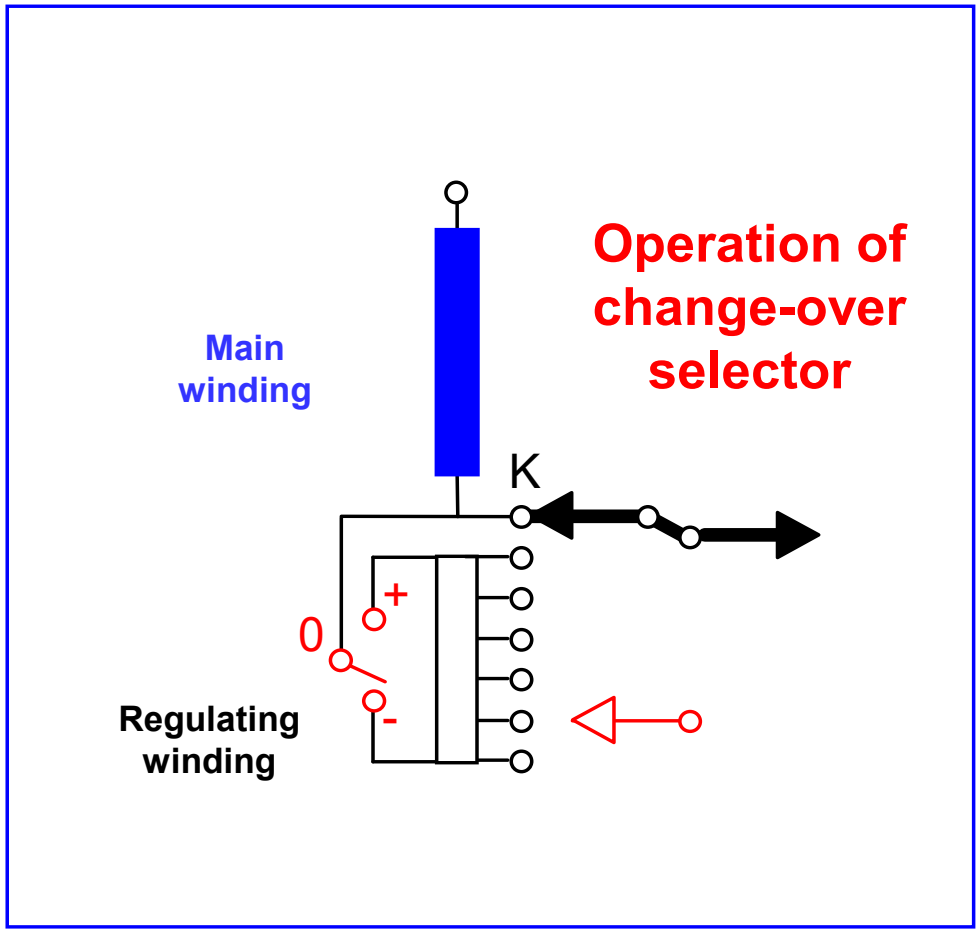
Tie-In Resistor معرفی



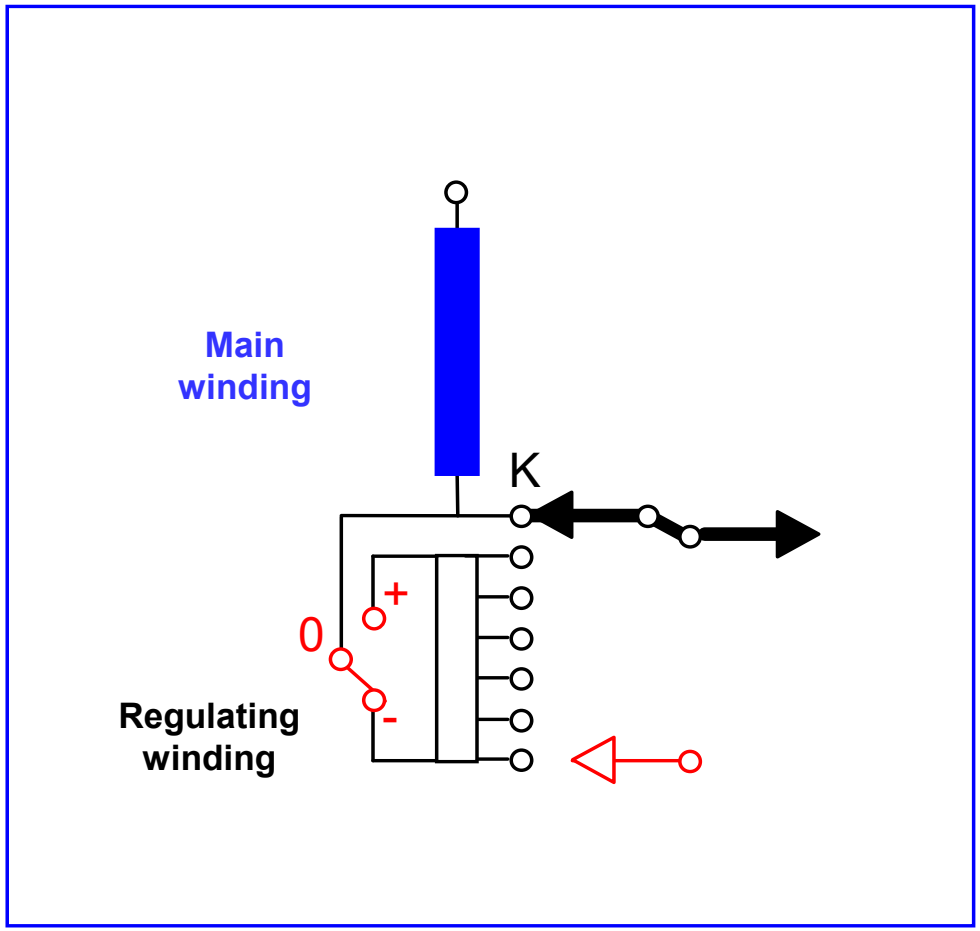
Tie-In Resistor معرفی



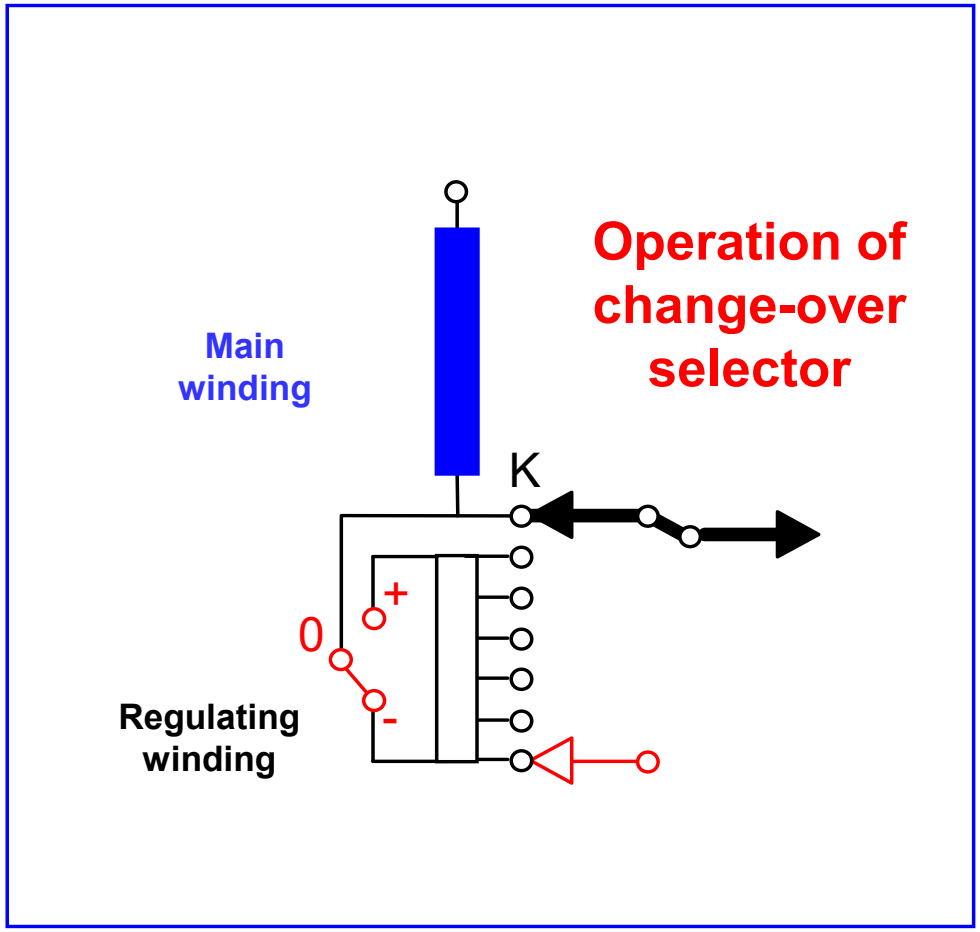
Tie-In Resistor معرفی



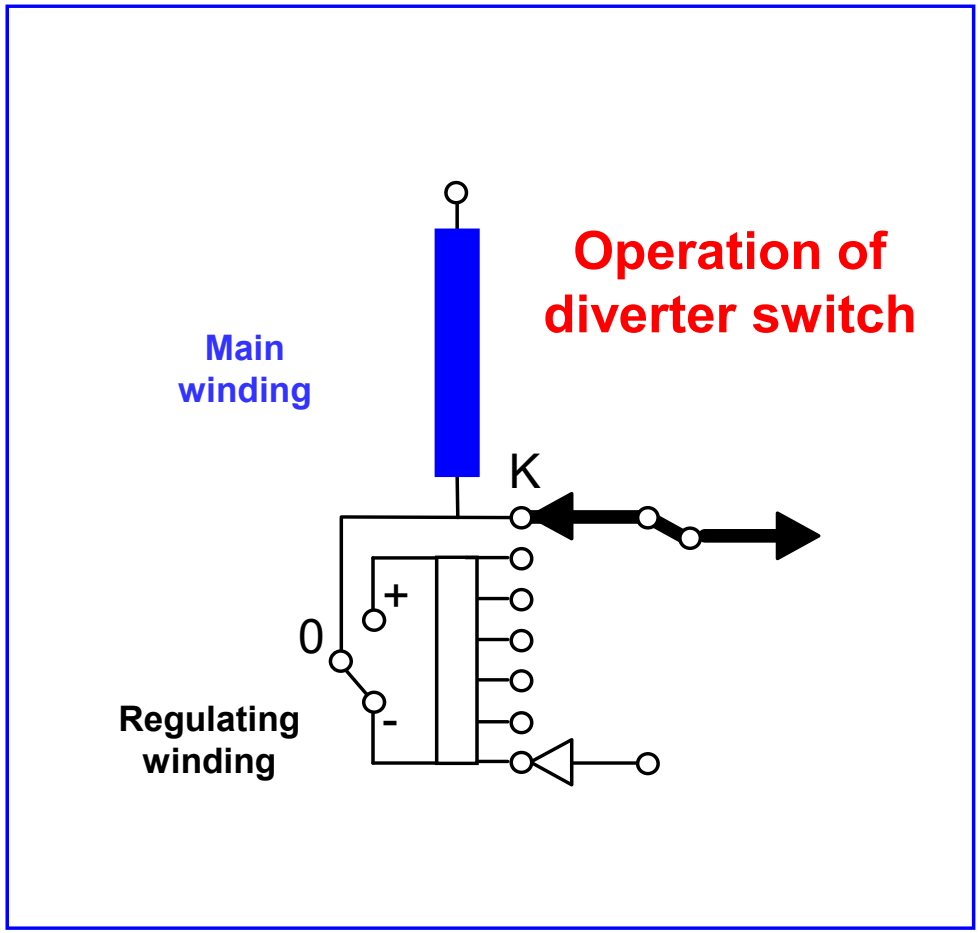
Tie-In Resistor معرفی



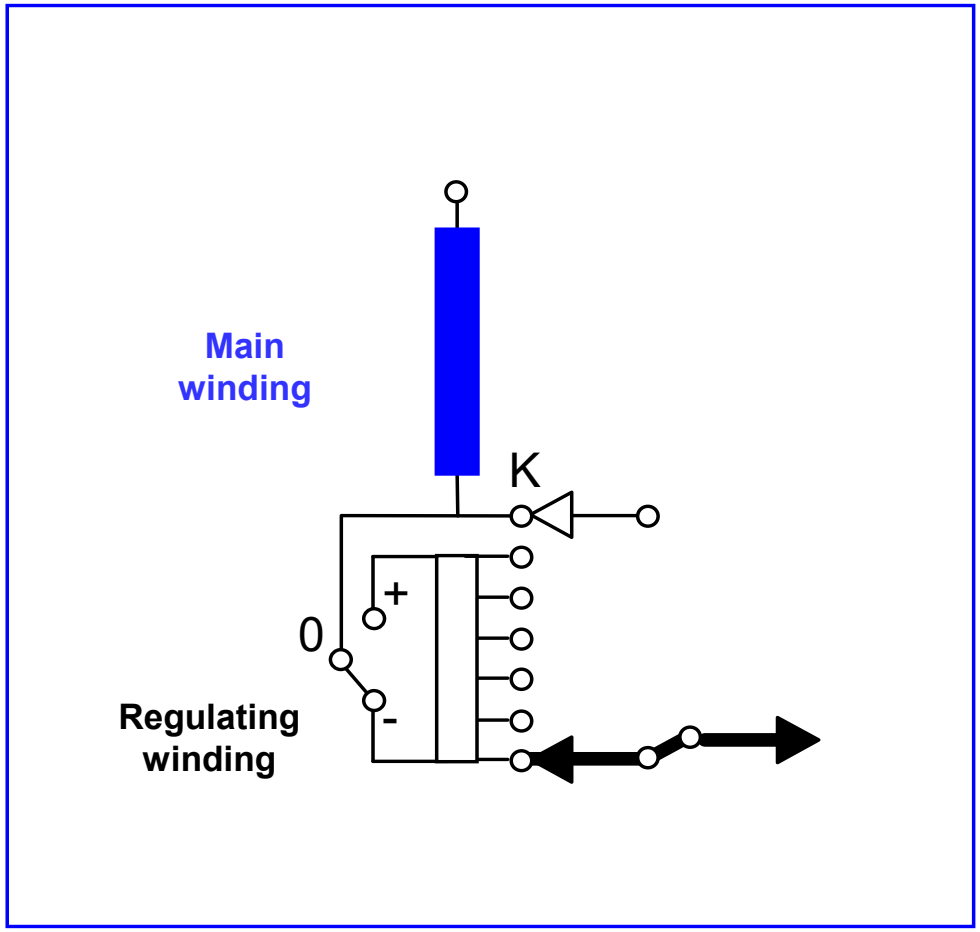
Tie-In Resistor معرفی



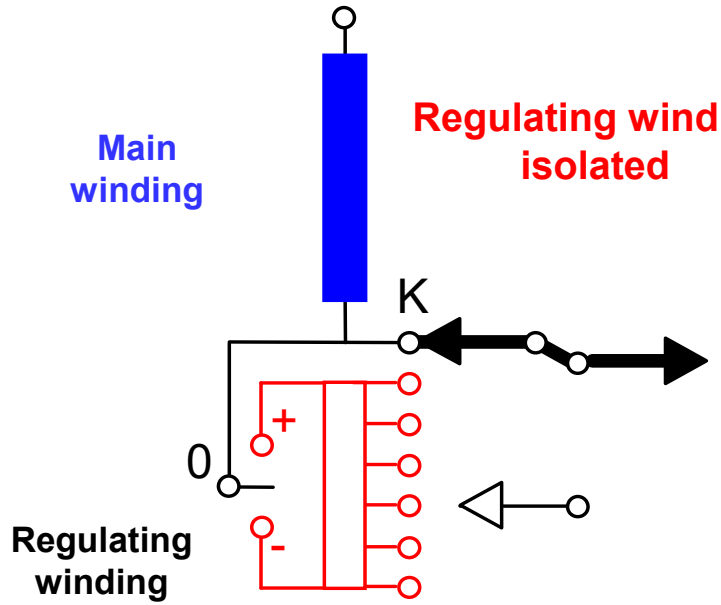
Tie-In Resistor معرفی



Tie-In Resistor معرفی

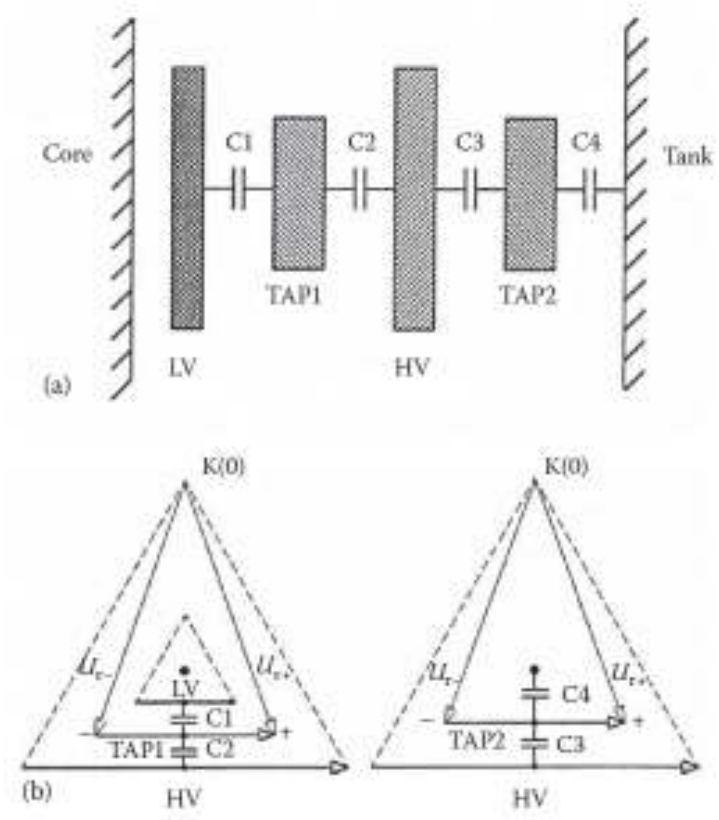


معرفی Tie-In Resistor



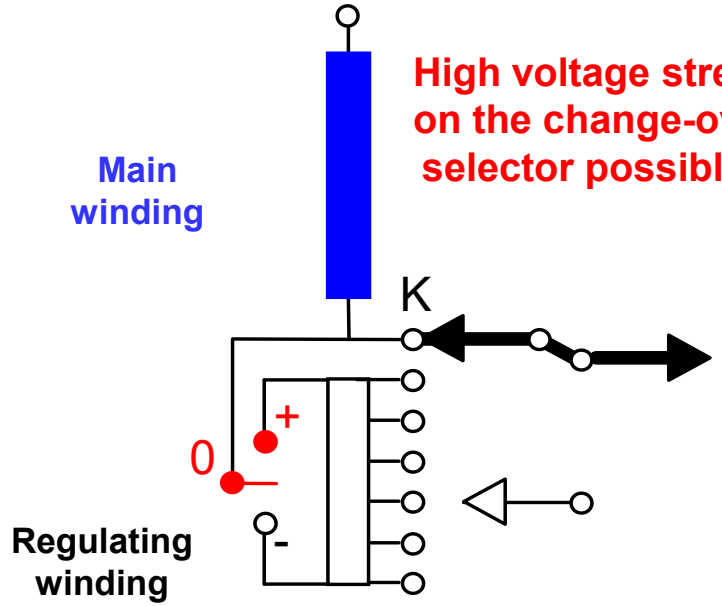
- در این حالت پتانسیل سیم پیچی رگولاسیون شناور است و بر اساس پتانسیل قسمت های باردار در اطراف خود تعیین می شود.

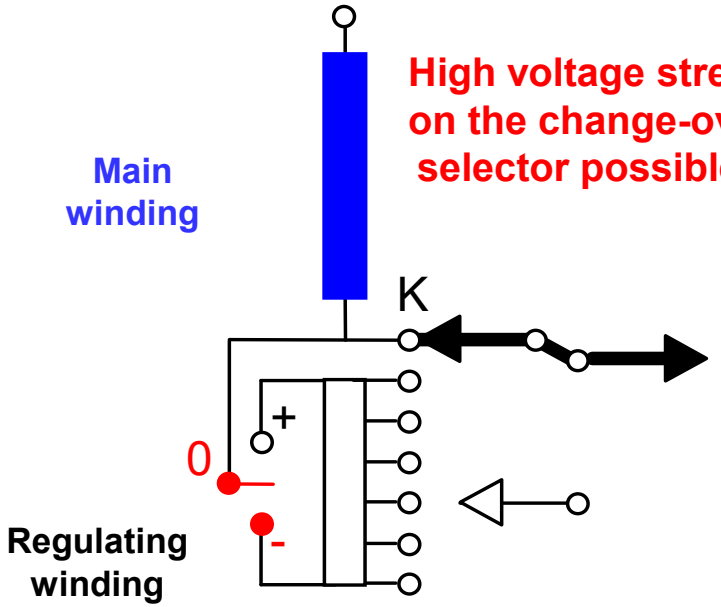
معرفی Tie-In Resistor



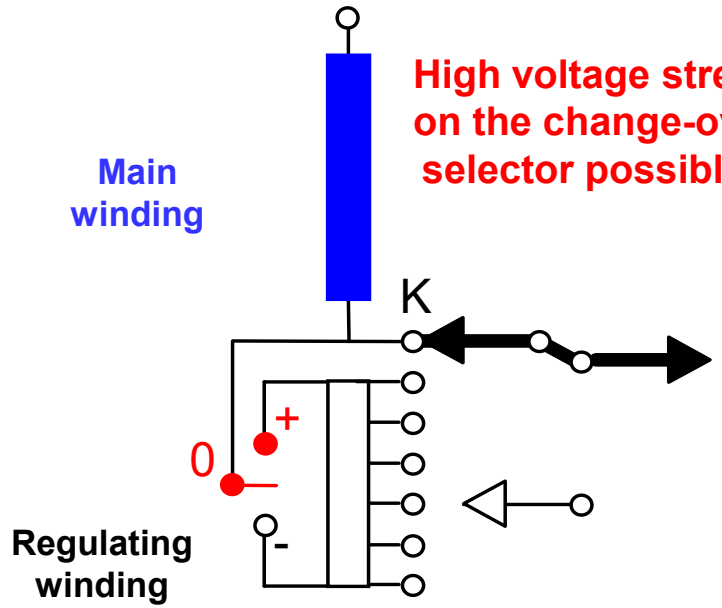
- در این حالت پتانسیل سیم پیچی رگولاسیون شناور است و بر اساس پتانسیل قسمت های باردار در اطراف خود تعیین می شود. تعیین این پتانسیل با کمک خازن های تزویج با قسمت های مختلف محاسبه میشود.

Tie-In Resistor معرفی





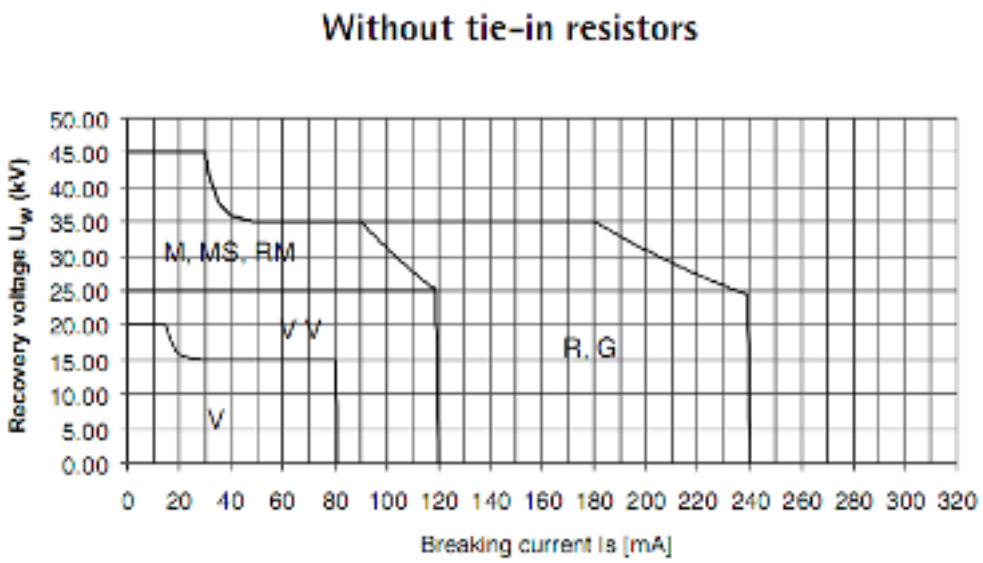
معرفی Tie-In Resistor



- در نتیجه زمانی که کنتاکت های **change-over selector** باز است، اختلاف پتانسیل بین ترمینال متل به سیم پیچی تنظیم ولتاژ و ترمینال متصل به سیم پیچی اصلی وجود خواهد داشت که به آن ولتاژ بازیابی (**Recovery Voltage**) می گویند.

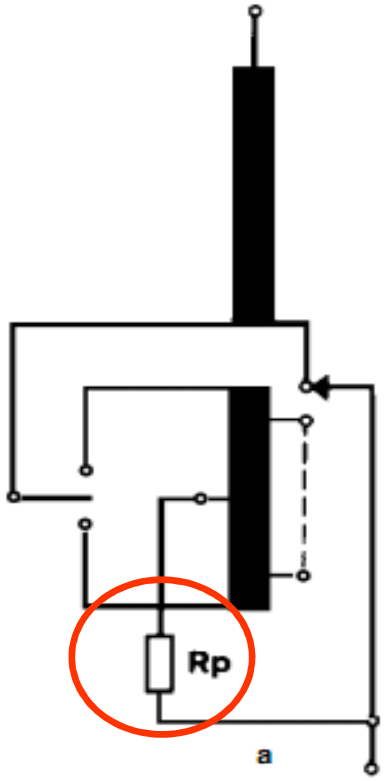
- زمانی که کنتاکت های **change-over selector** باز است، جریان خازنی ناشی از خازن های تزویج با سیم پیچی های مجاور و یا با زمین باید قطع شود که به آن جریان قطع (**Breaking Current**) گفته میشود.

معرفی Tie-In Resistor



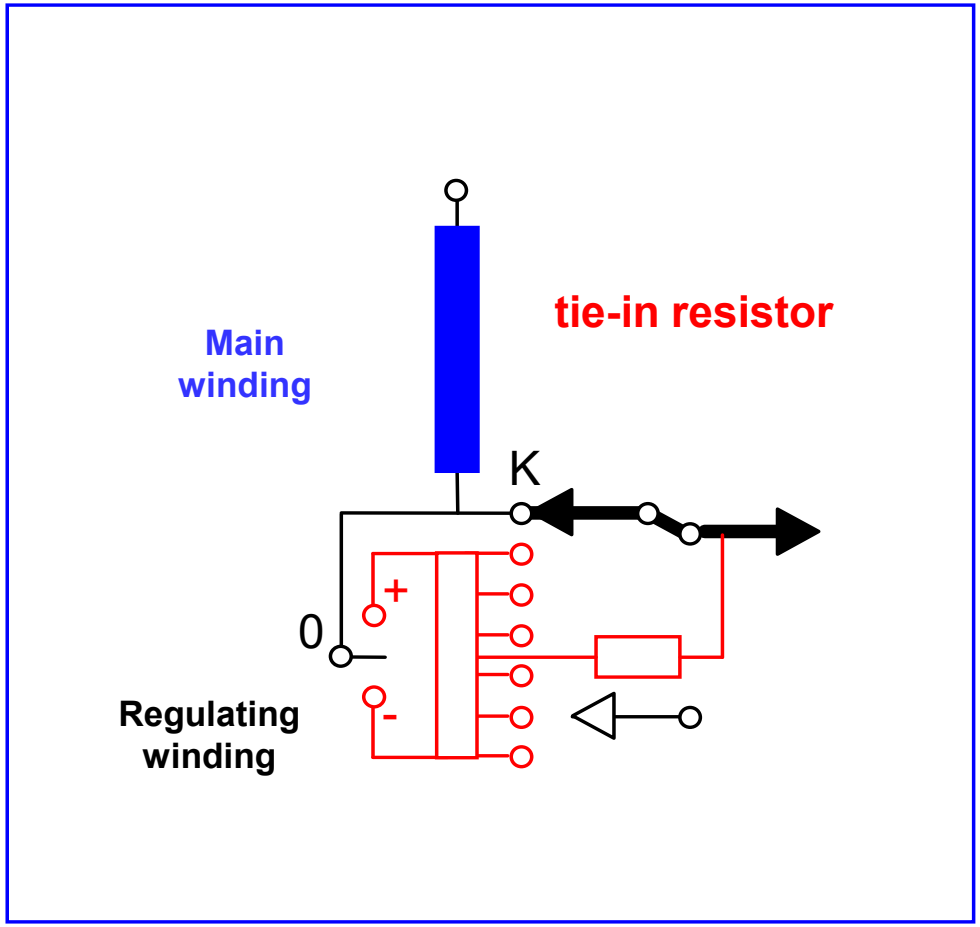
- ولتاژ بازیابی و جریان قطع باعث بروز تخلیه روی change-over selector می شود.
- رنج مجاز جریان قطع و ولتاژ بازیابی در شکل مقابل برای برخی تپ چنجر ها نشان داده شده است.

معرفی Tie-In Resistor

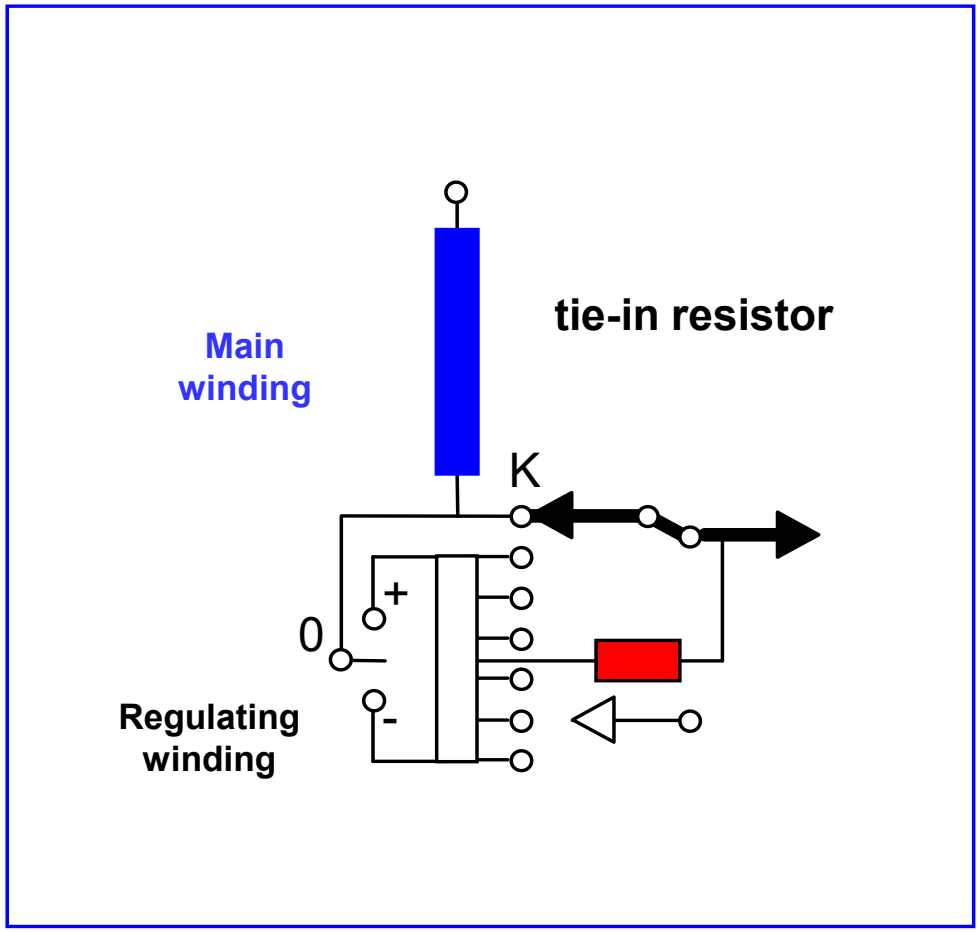


- راه حل : با هدف کاهش استرس ولتاژ بر روی change-over selector از Tie-In Resistor استفاده می شود.
- به خاطر اتصال ایجاد شده توسط Tie-In Resistor، ولتاژ بازیابی بر روی کنتاکتهای change-over selector کاهش یافته در حالی که جریان قطع افزایش میابد.

Tie-In Resistor معرفی

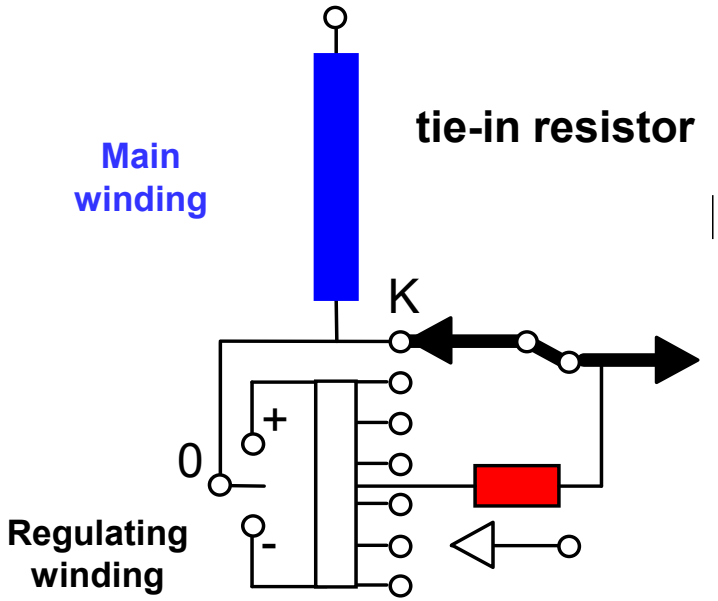


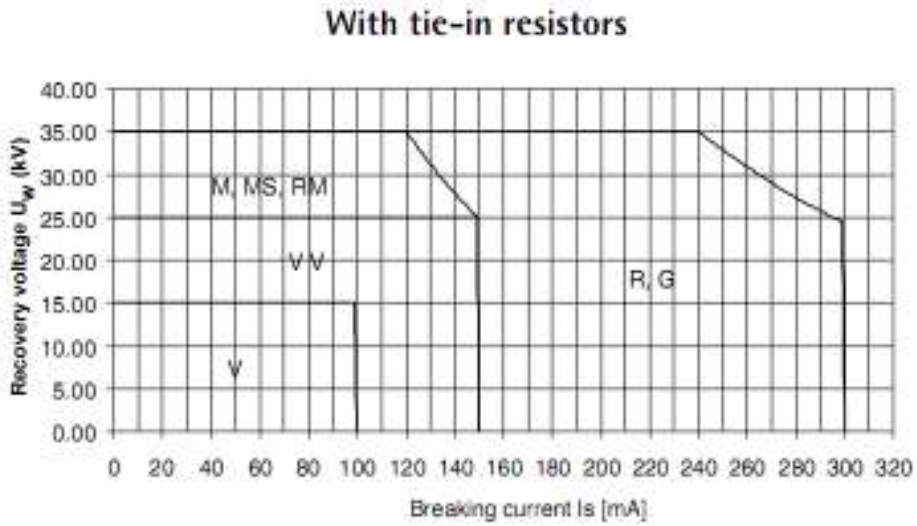
Tie-In Resistor معرفی



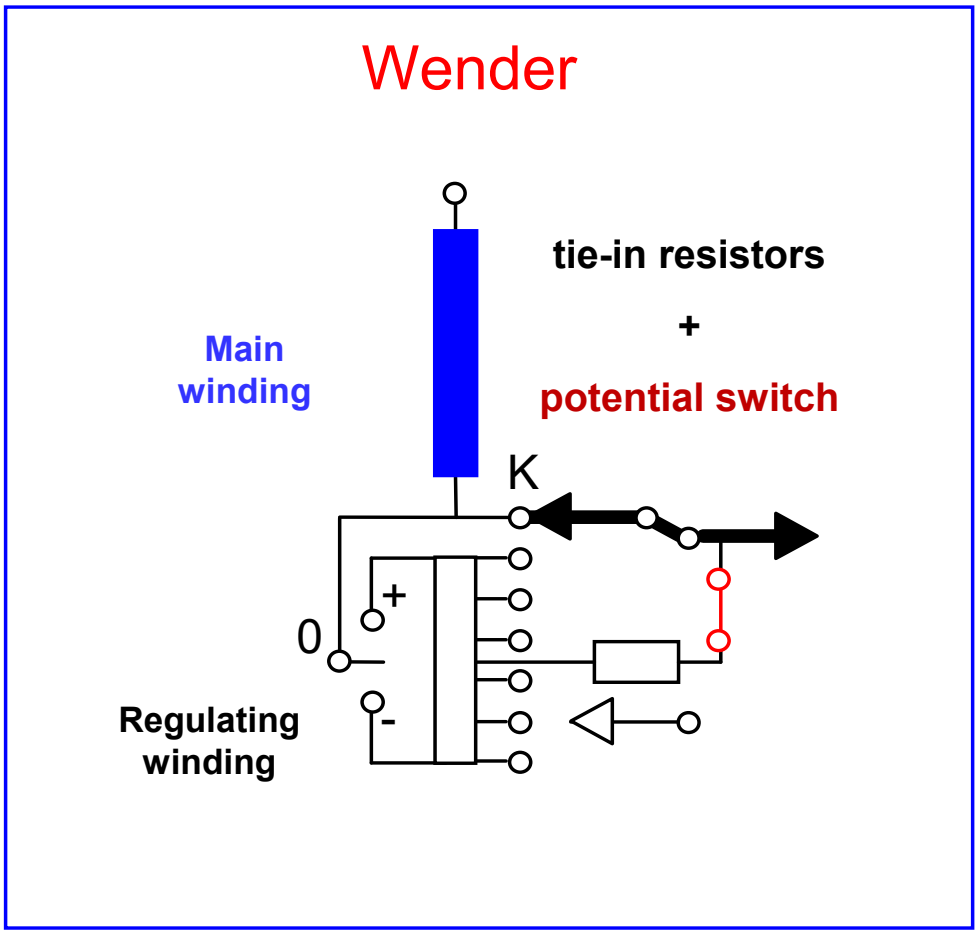
Tie-In Resistor معرفی

Wender



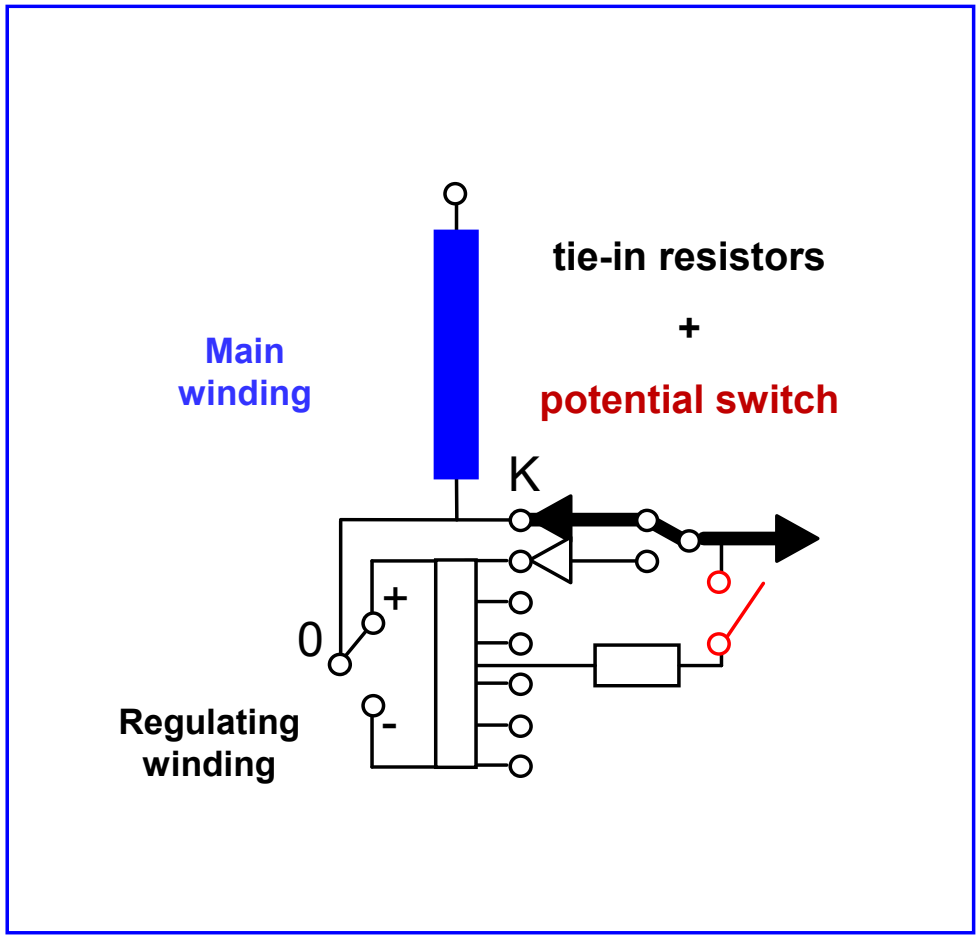


معرفی Potential Switch

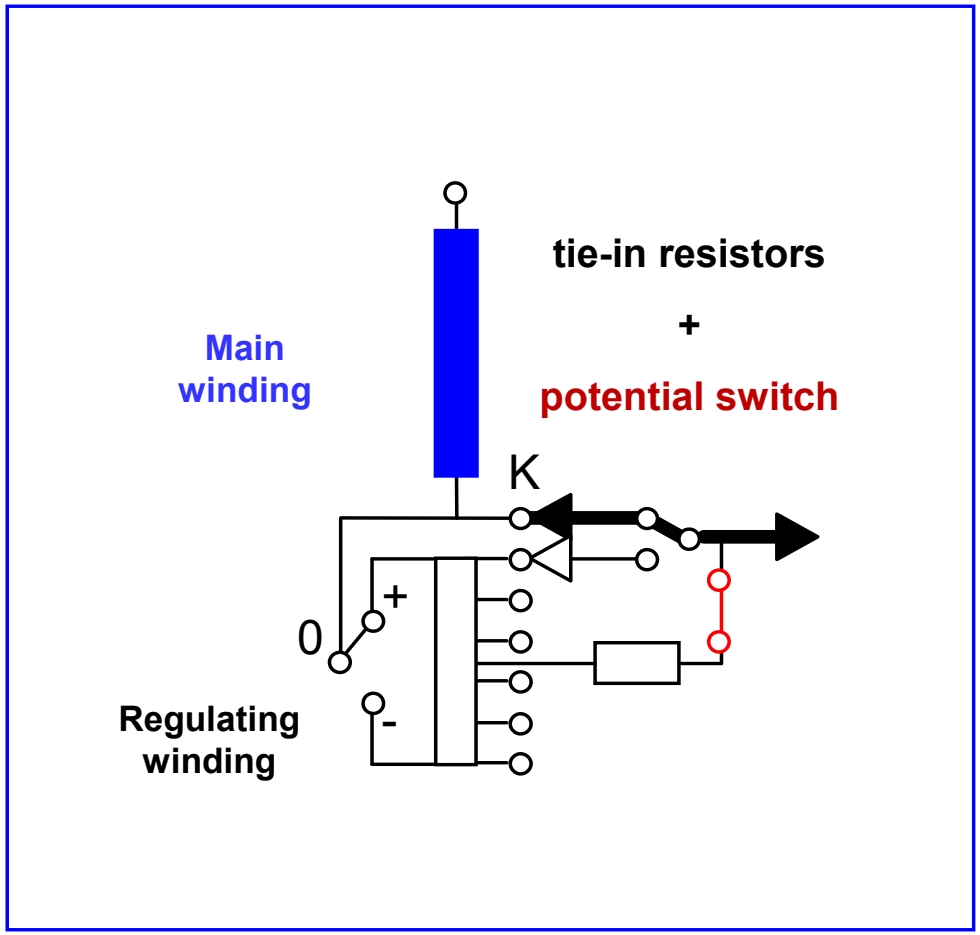


- با هدف کاهش تلفات و استرس الکتریکی بر روی Resistor Tie-In از Potential Switch استفاده می شود.
- این سوییچ همواره باز است و فقط زمانی که change-over switch عمل میکند و tie-in resistor را وارد مدار می کند.

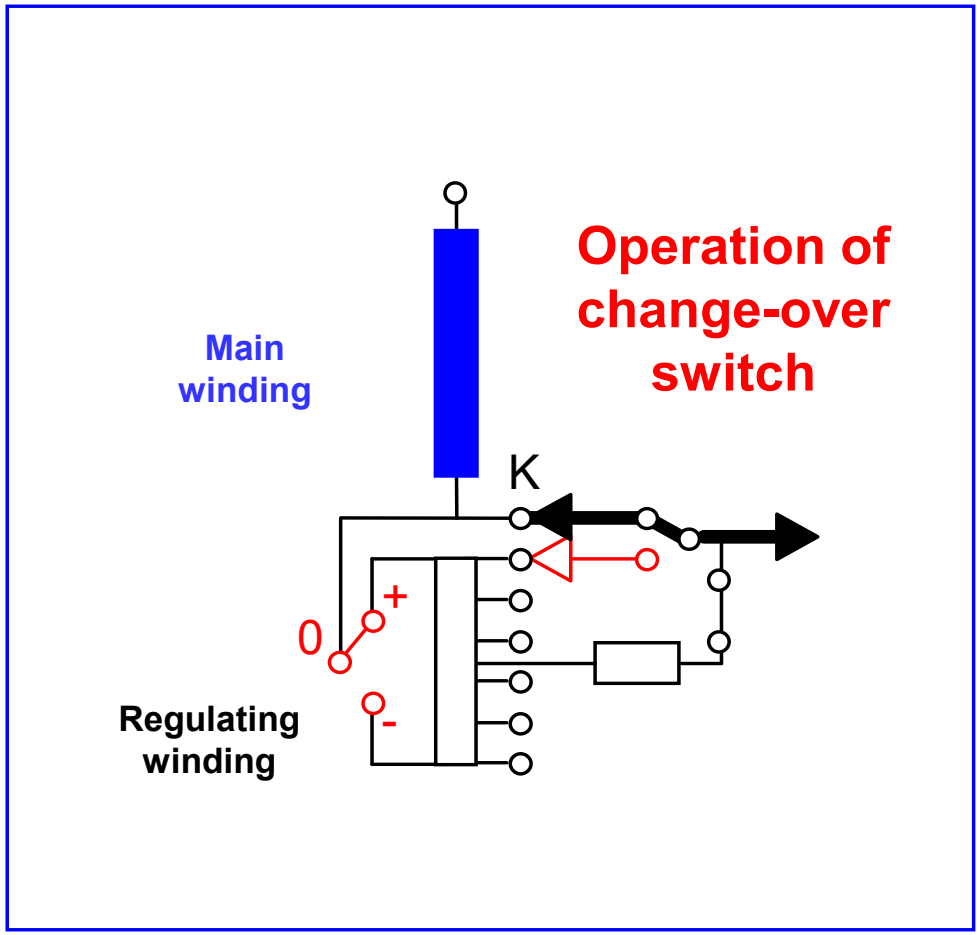
Potential Switch معرفی



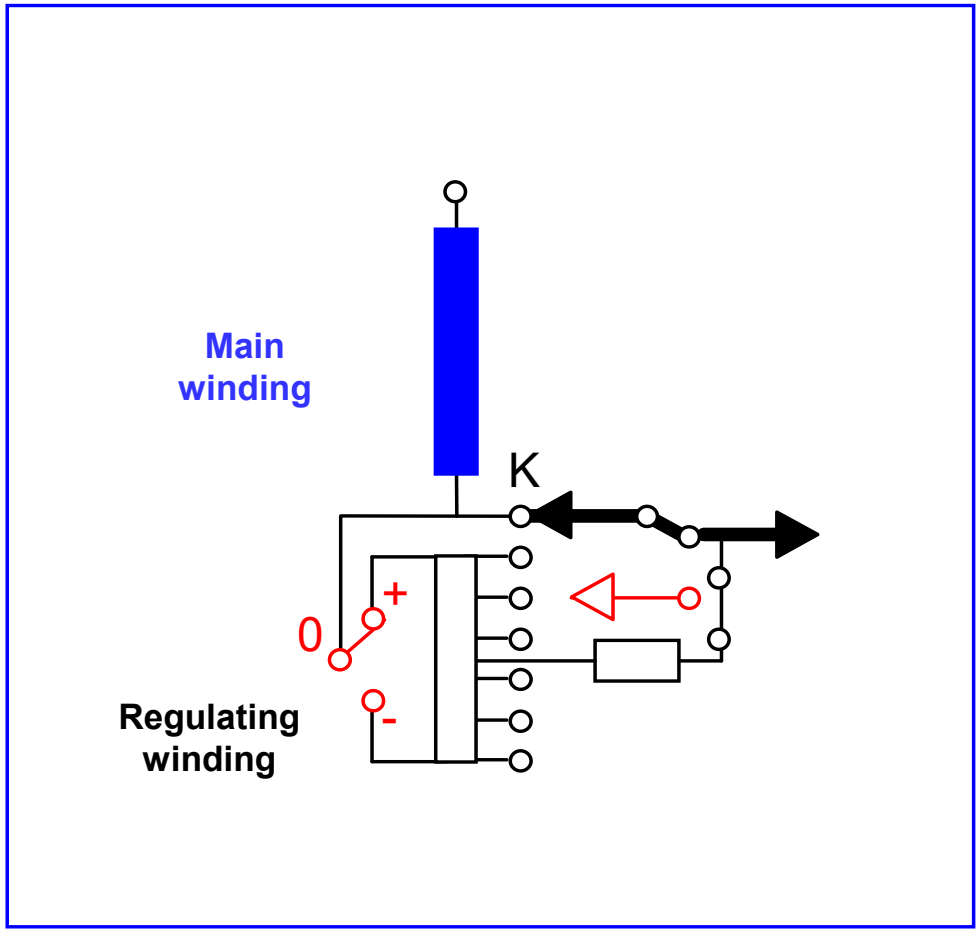
Potential Switch معرفی



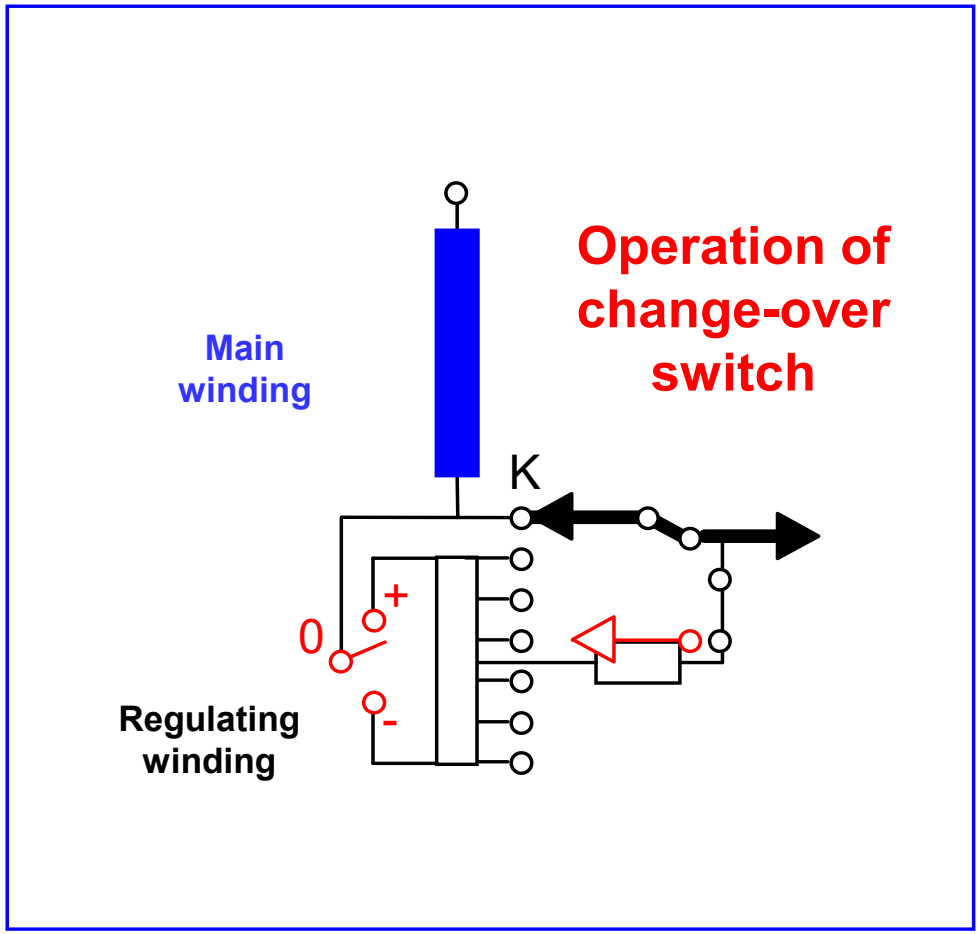
Potential Switch معرفی



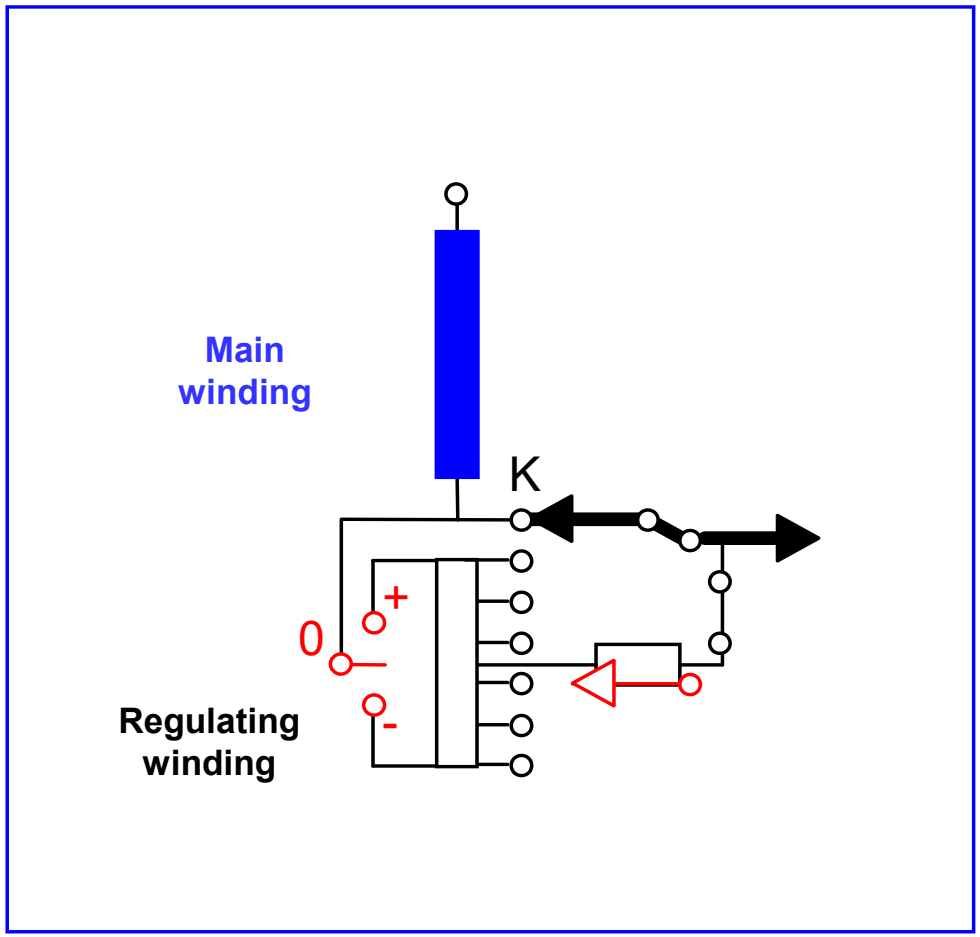
Potential Switch معرفی



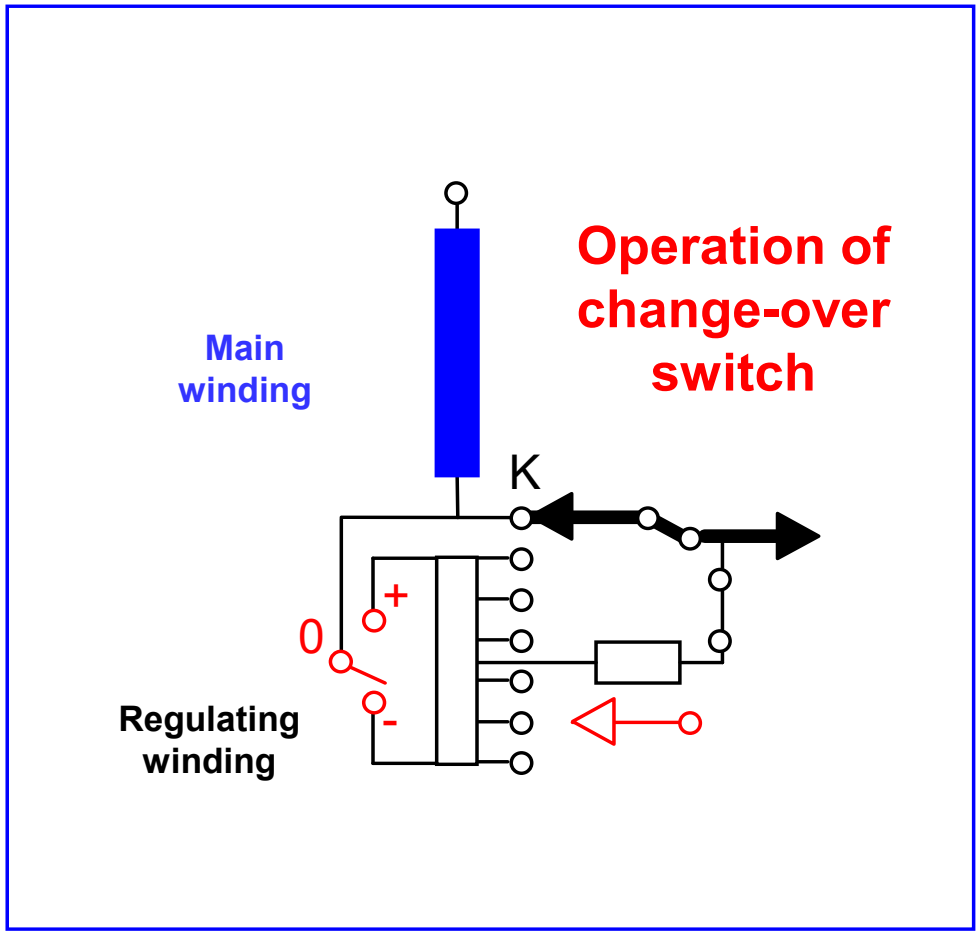
Potential Switch معرفی



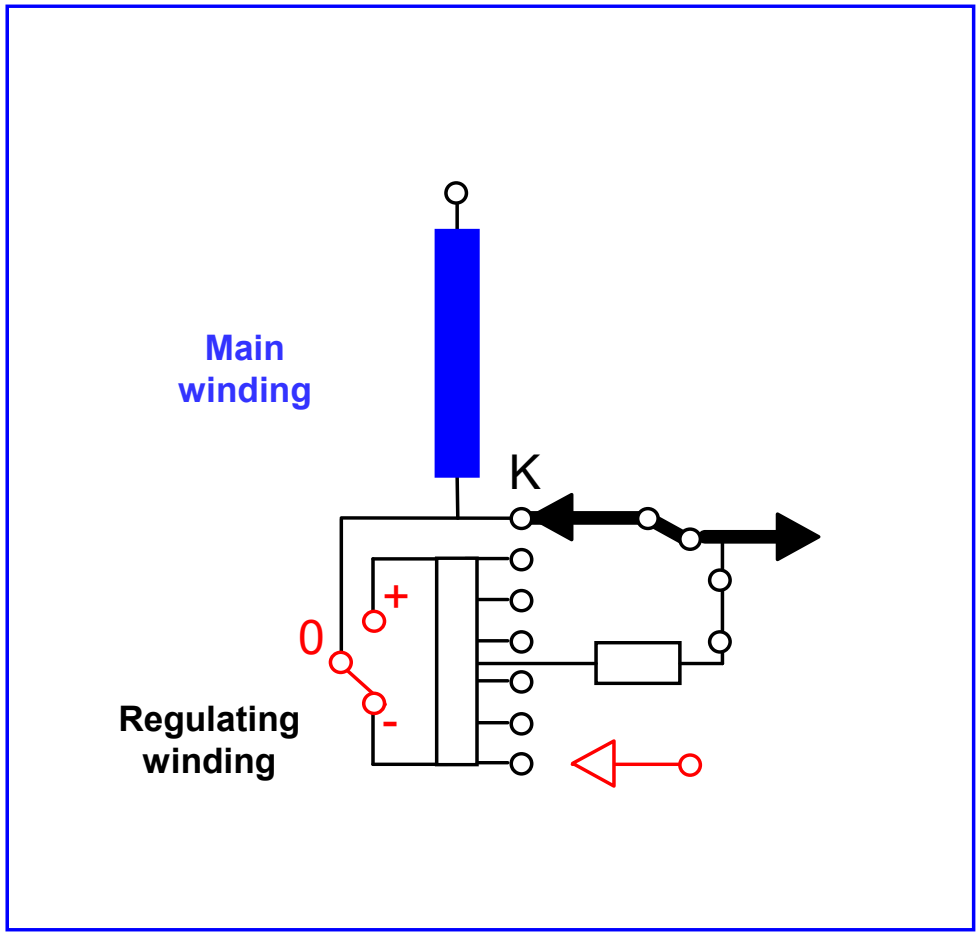
Potential Switch معرفی



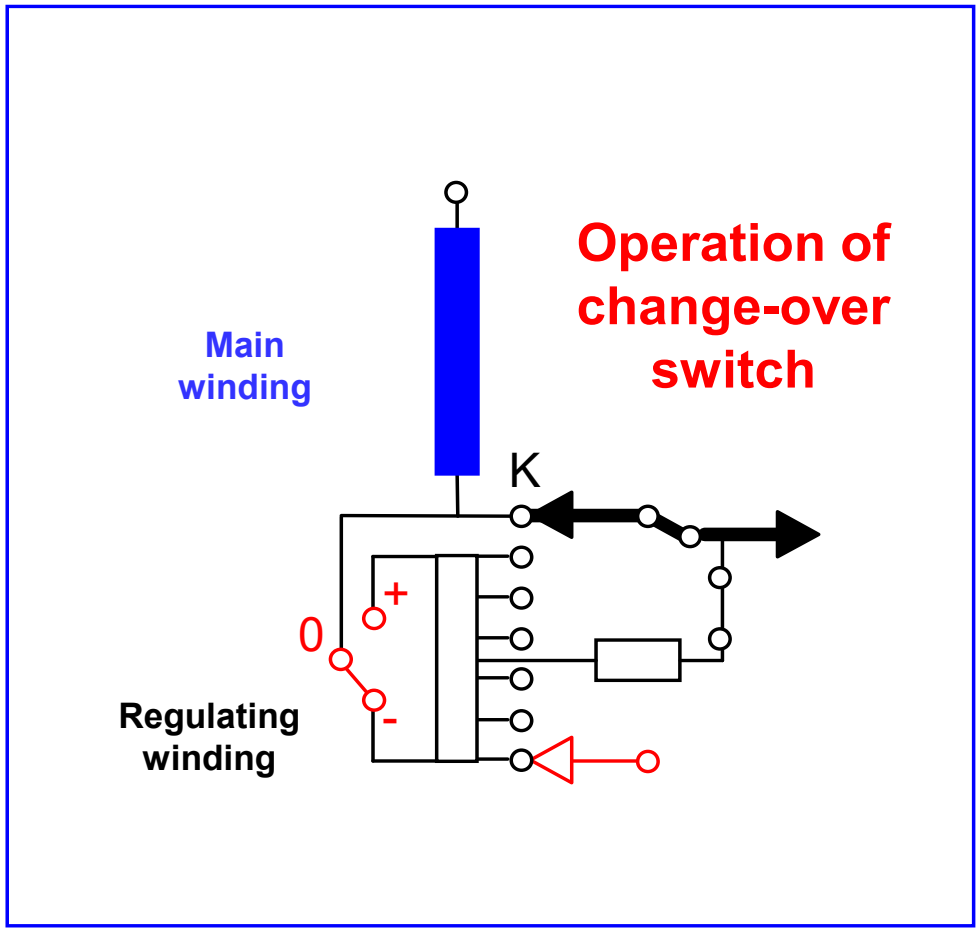
Potential Switch معرفی



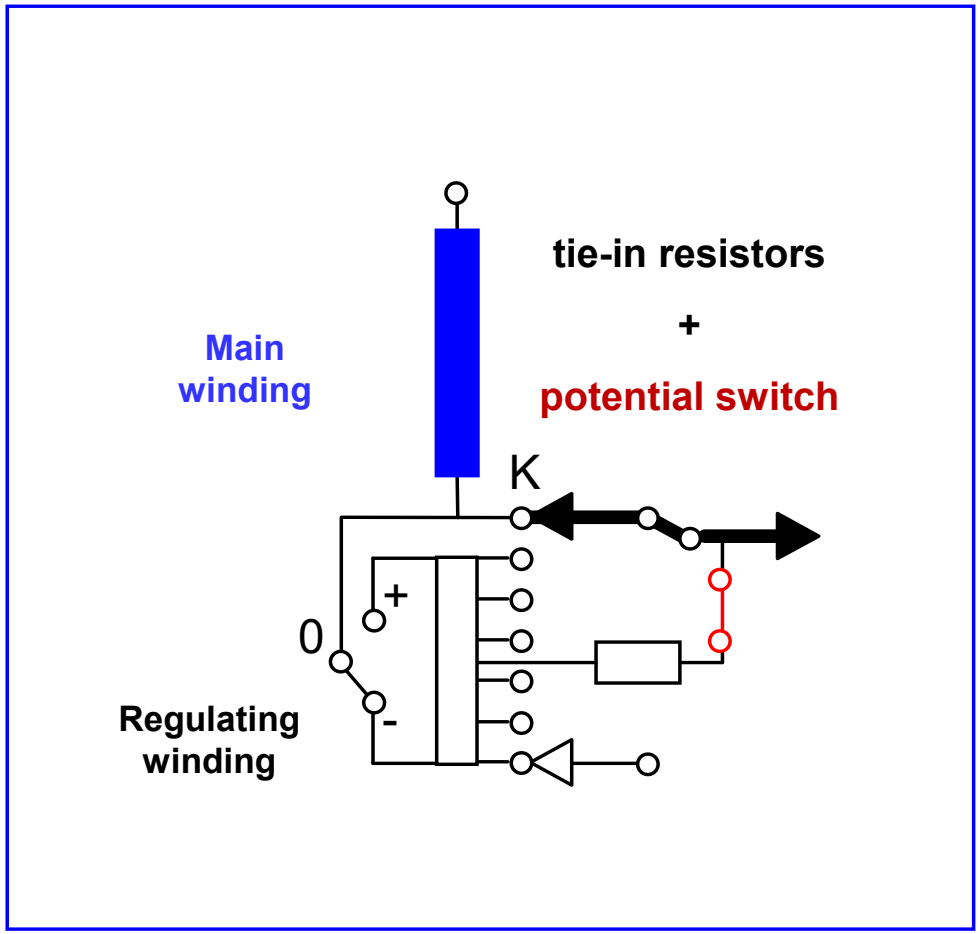
Potential Switch معرفی



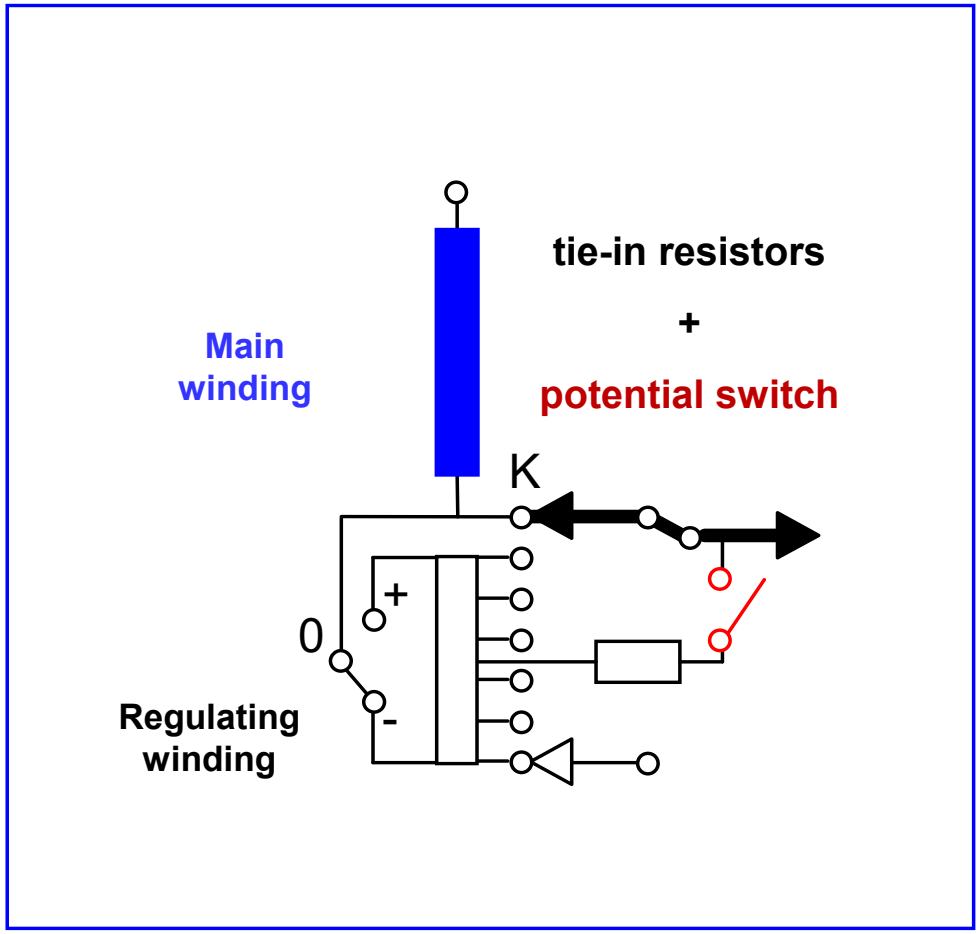
Potential Switch معرفی



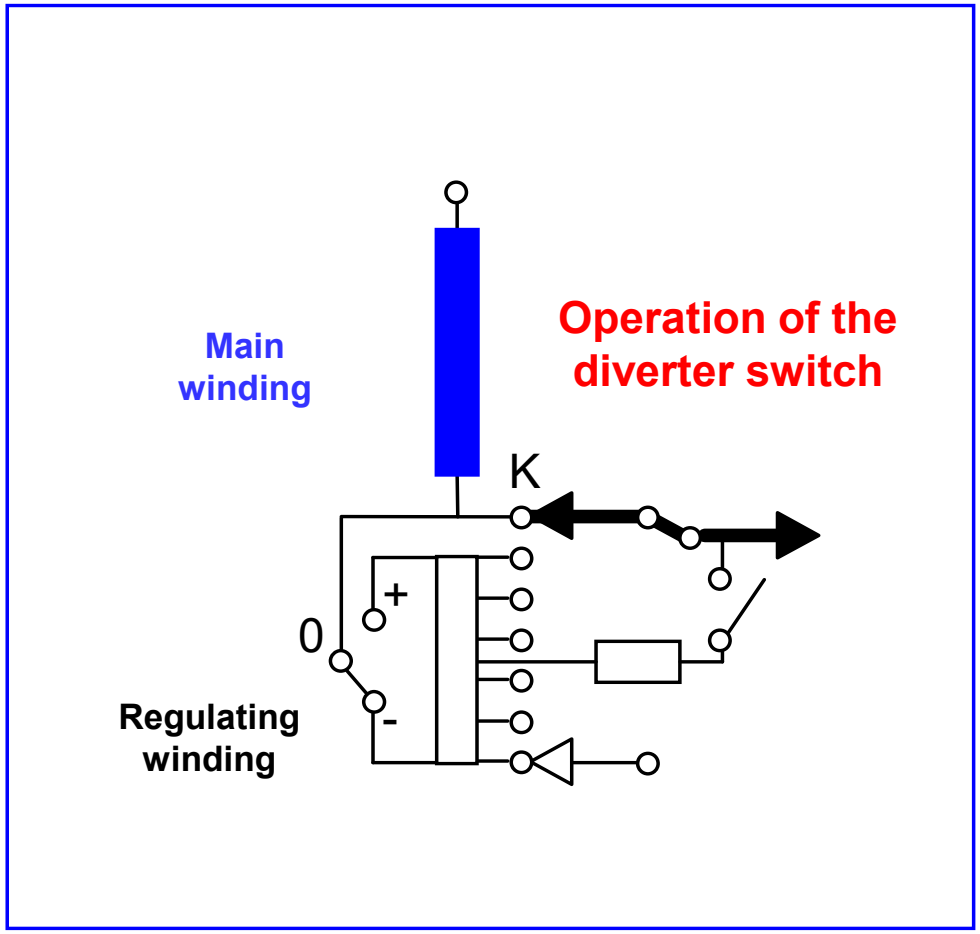
Potential Switch معرفی



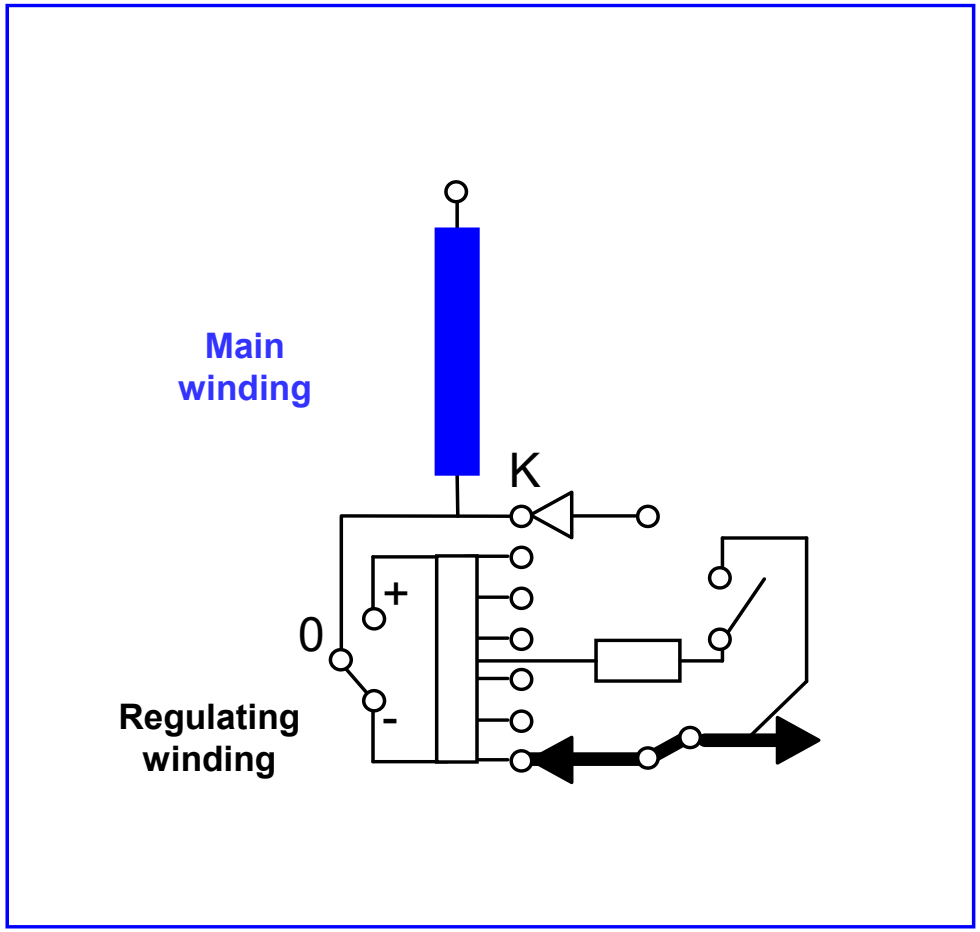
Potential Switch معرفی



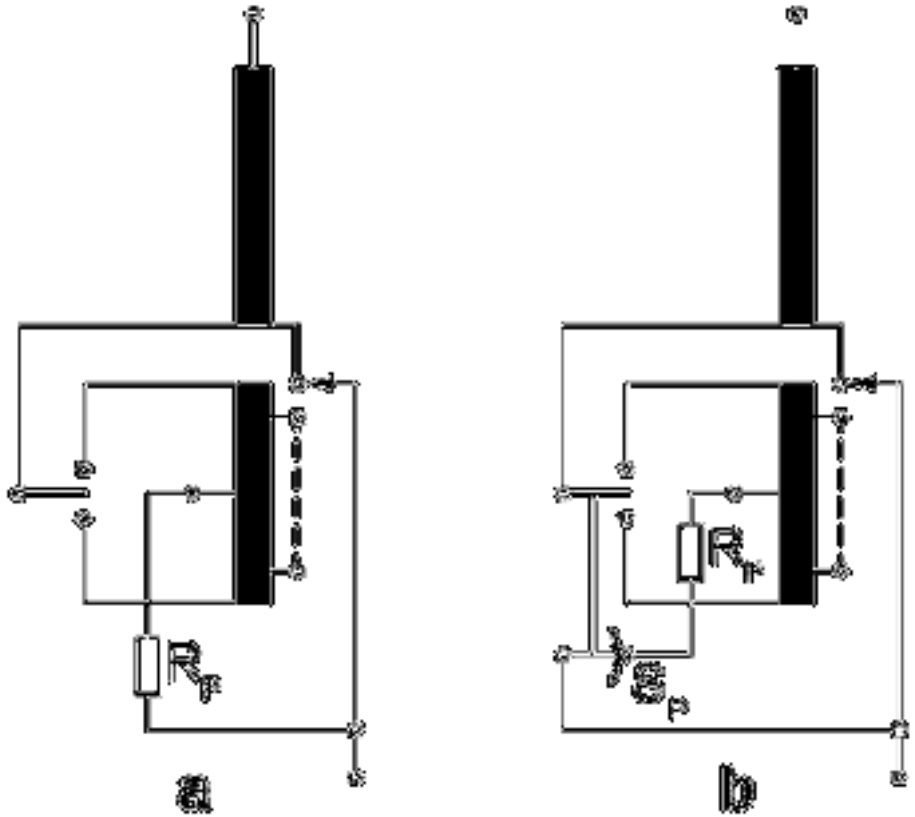
Potential Switch معرفی



Potential Switch معرفی



Potential Switch معرفی

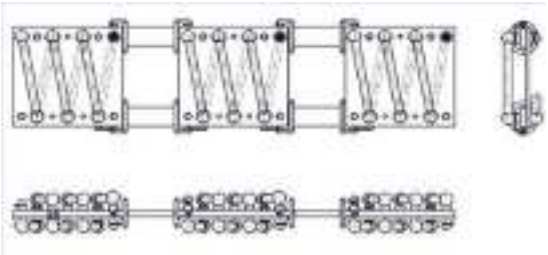


Tie-In Resistor محل نصب

Tie-in resistor (and potential switch) mounted on a cylinder under the tap selector (OLTC type M/RM/VRC/VRE),

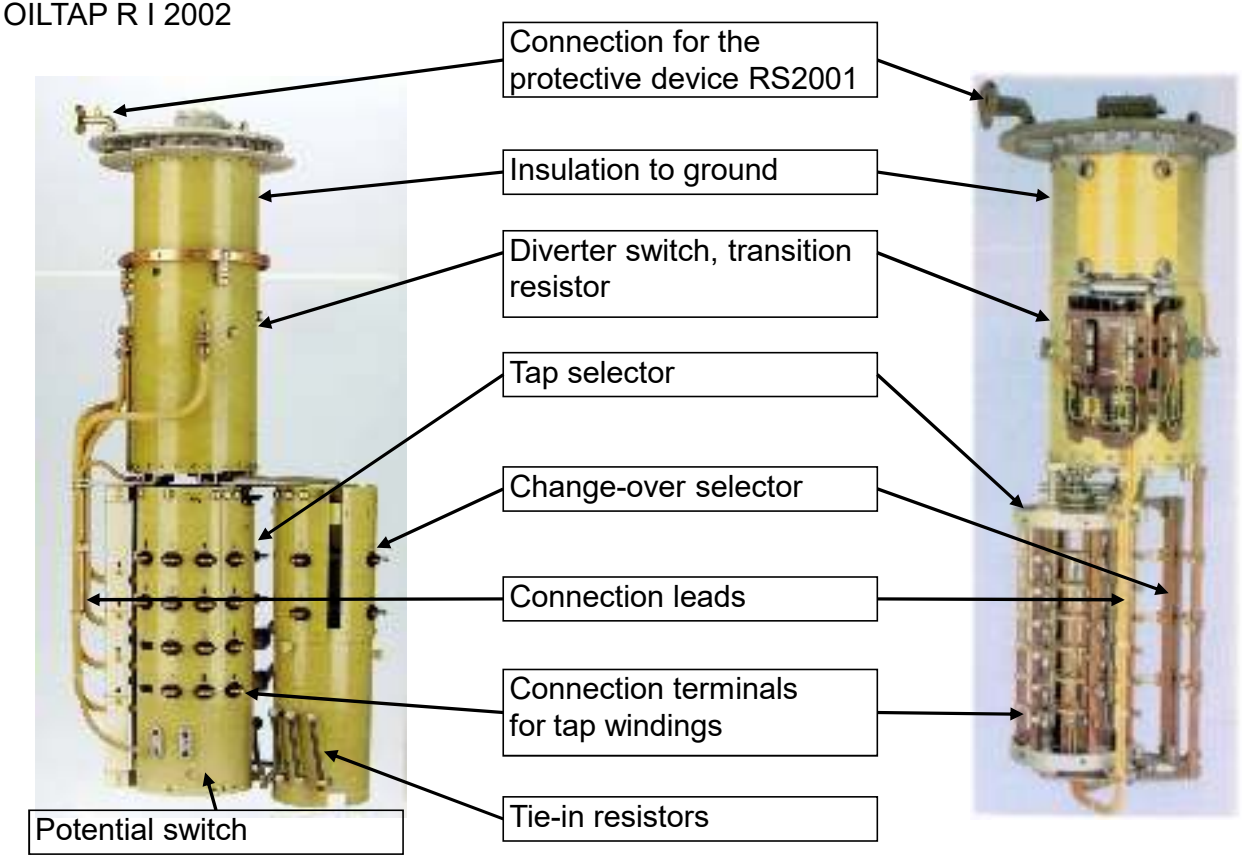
Tie-in resistor (and potential switch) mounted on a cylinder under the pre-selector (OLTC type R/VRD/VRF),

Tie-in resistor mounted laterally (OLTC type V/VV)

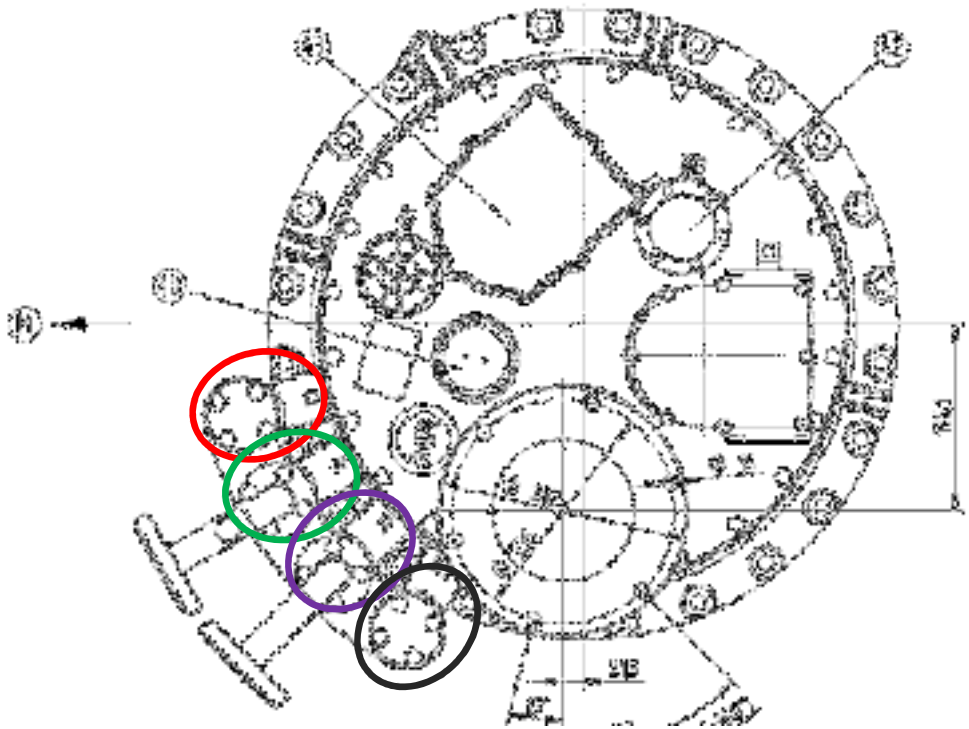


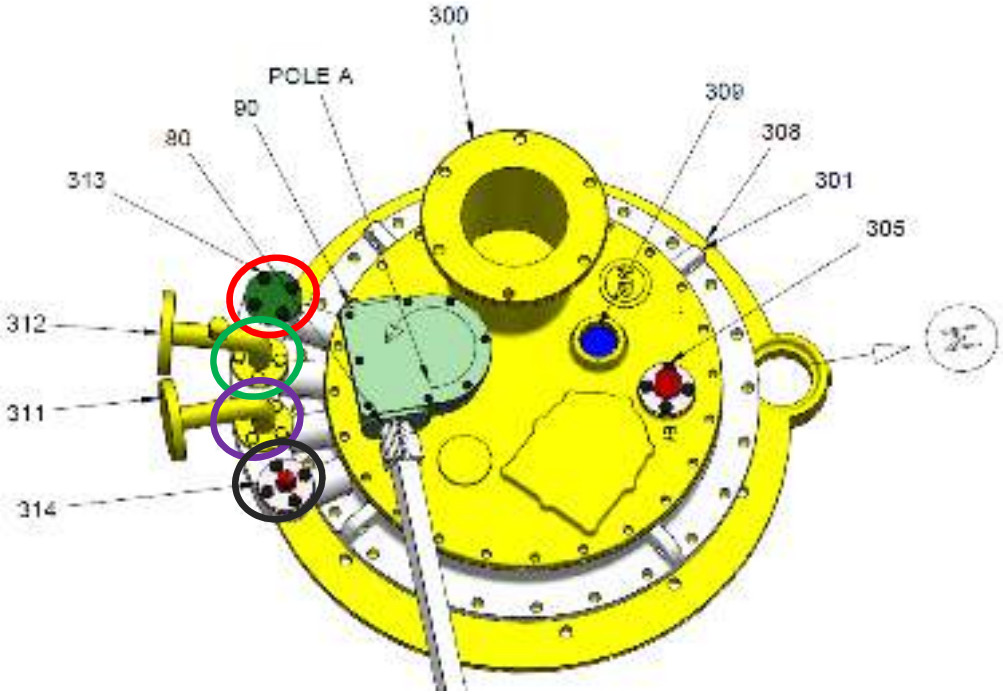
Tie-in resistor mounted on a separate plate, located in a free space in the transformer tank

OILTAP R I 2002



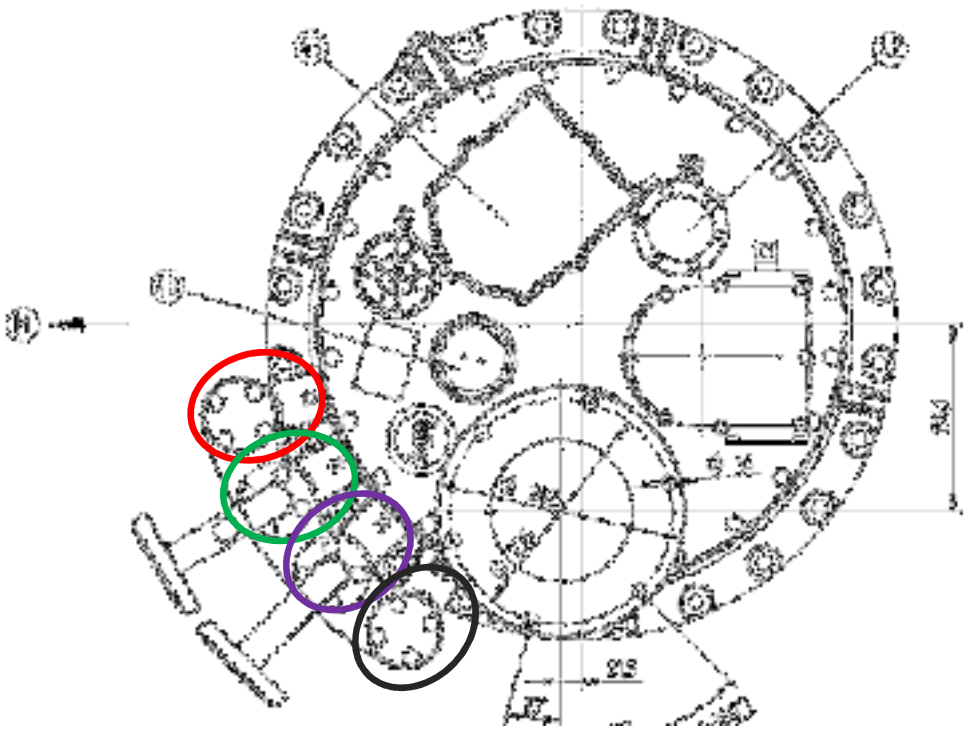
درب تپ چنجر



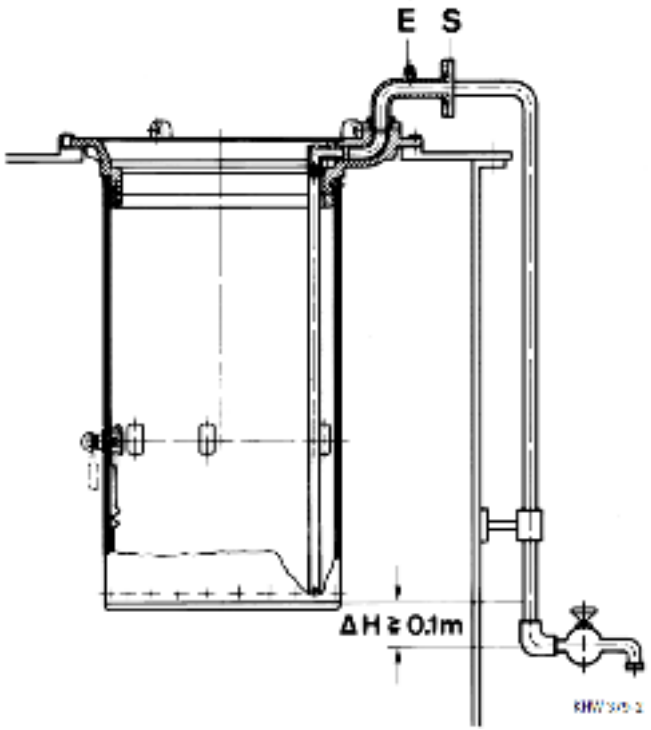


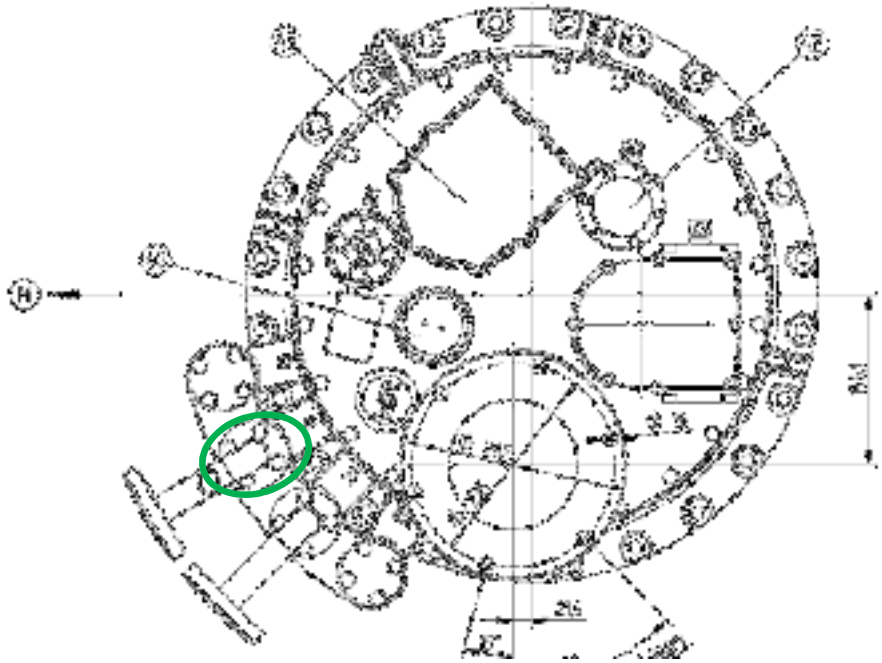
درب تپ چنجر

- اتصال **Q** : ورود روغن تصفیه شده از فیلتر روغن به داخل محفظه دایورتر (در صورت وجود فیلتر روغن)
- اتصال **S** : جهت خارج کردن روغن از انتهای دایورتر (در صورت وجود فیلتر روغن، روغن خارج شده وارد فیلتر میشود)
- اتصال **R** : جهت اتصال تپ چنجر از طریق رله **RS** به کنسرواتور روغن تپ چنجر
- اتصال **E2** : به داخل محفظه ترانس راه دارد و جهت همفشار کردن روغن در دایورتر و مخزن استفاده میشود.



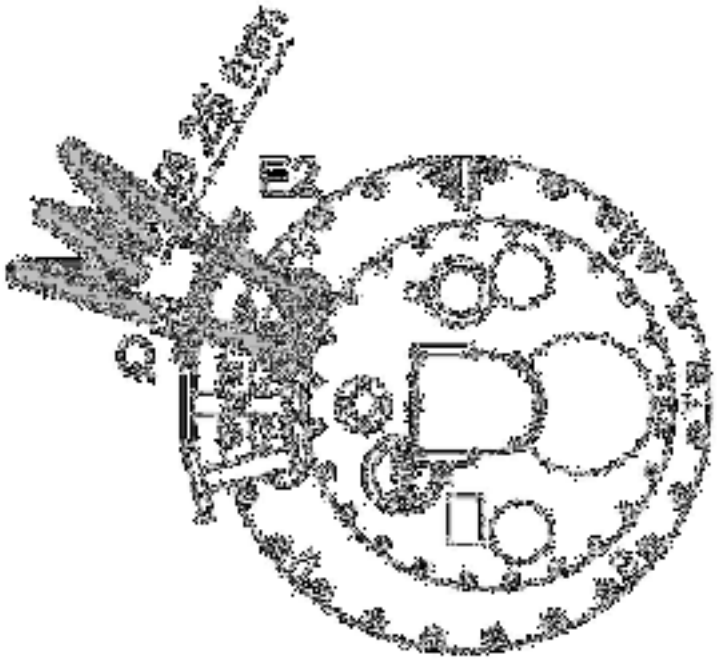
درب تپ چنجر

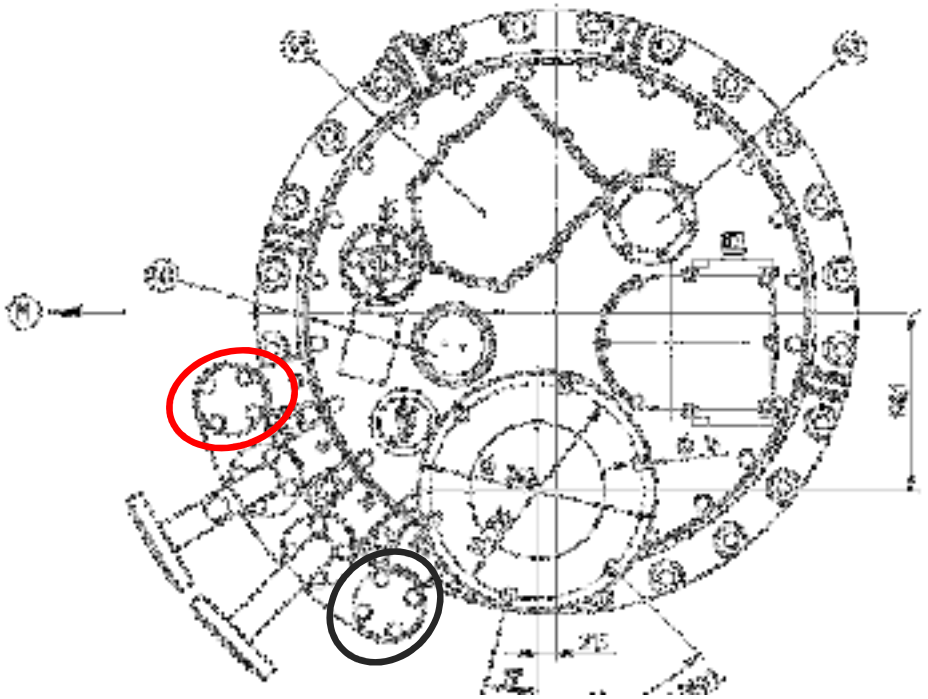




- اتصال **S** : جهت خارج کردن روغن از انتهای دایورتر (در صورت وجود فیلتر روغن، روغن خارج شده وارد فیلتر میشود)

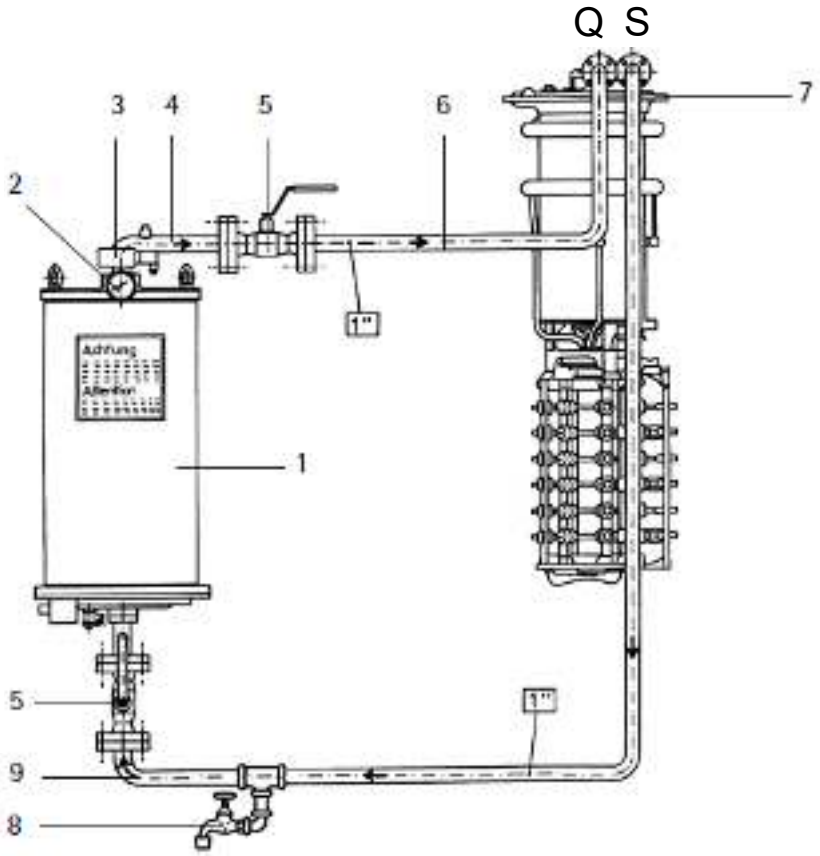
درب تپ چنجر





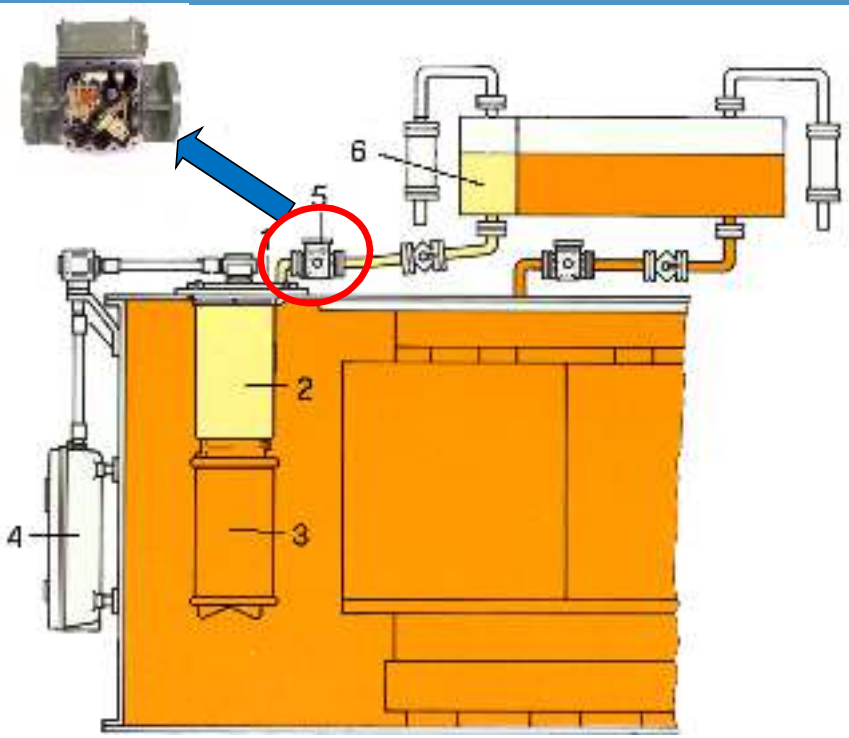
- **E2** : در زمان حمل و نقل و یا روغن زنی ترانسفورماتور، اتصال **E2** (که به داخل مخزن ترانس راه دارد)و **Q** (که به داخل دایورتر تپ چنجر) راه دارد به یکدگیر متصل میشوند تا محفظه دایورتر و مخزن ترانس با یکدیگر هم فشار باشند.

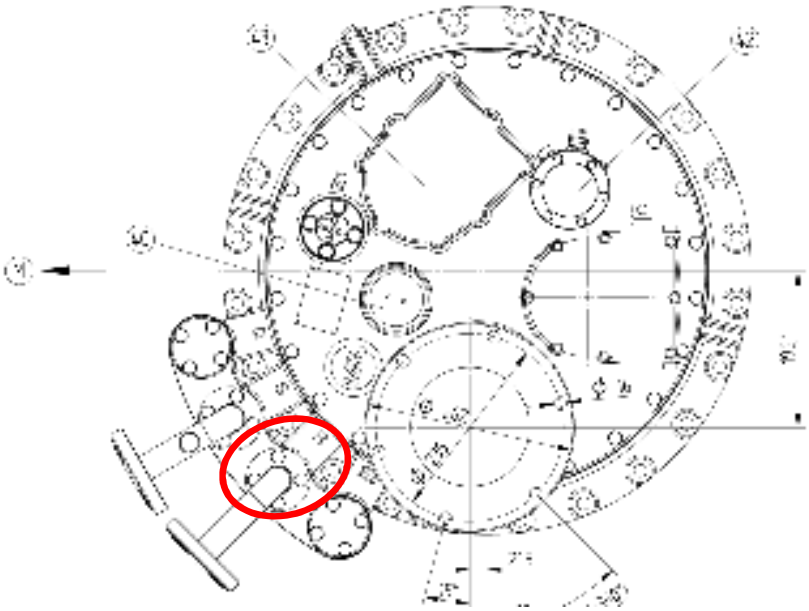
درب تپ چنجر (اتصال به واحد فیلتر روغن)



1) Pump unit
2) Manometer
3) Pressure switch
4) Return pipe
5) Stop valve
6) Return pipe
7) On-load tap-changer head
8) Drain valve
9) Feed

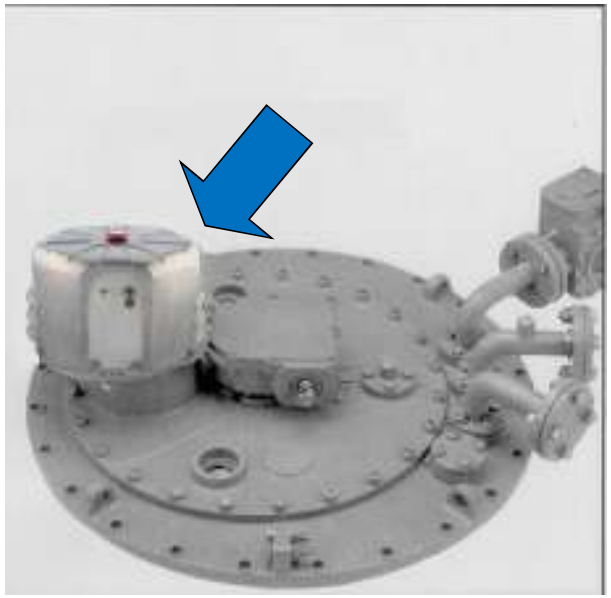
درب تپ چنجر





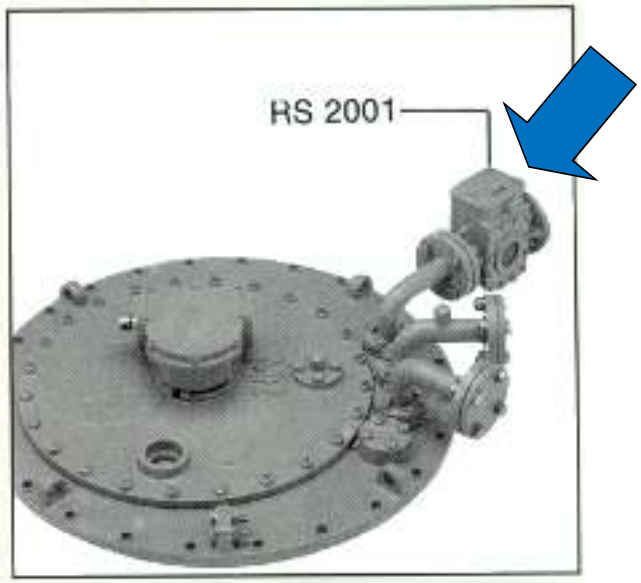
- **R** : رله **RS2001** که در صورت خروج شدید روغن از داخل دایورتر به محفظه روغن تپ چنجر عمل میکند، به خروجی **R** در درب تپ چنجر متصل می شود.

المان های حفاظتی تپ چنجر



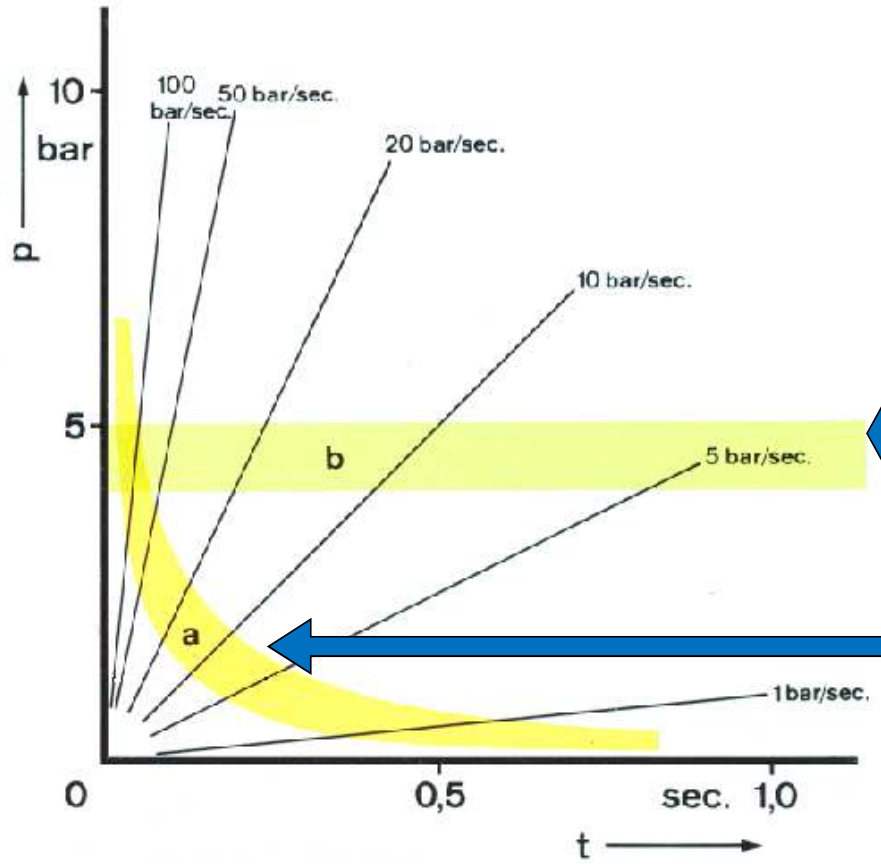
❑ رله فشار شکن

❑ دیافراگم



❑ رله RS2001 (رله جانسون)

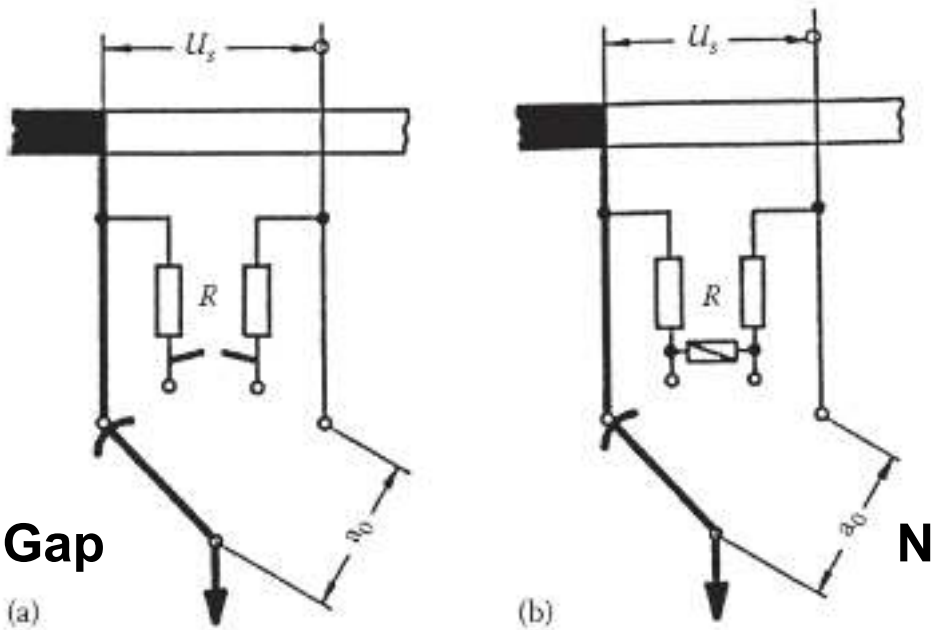
عملکرد المان های حفاظتی تپ چنجر



رله فشار شکن یا دیافراگم

رله RS2001

المان های حفاظتی تپ چنجر



Spark Gap

Non-Linear Resistor

FIGURE 14.42 Overvoltage protection devices arranged within the diverter switch (arcing switch). (a) Spark gap. (b) Non-linear resistance.

مشخصات الکتریکی تپ چنجر تحت بار

- **جریان نامی (Rated Through Current - Iu)**

حداکثر جریانی که تپ چنجر می تواند به صورت پیوسته عبور دهد که باید برابر با حداکثر جریان عبوری از ترانسفورماتور باشد.

- **حداکثر جریان نامی (Maximum Rated Through Current - Ium)**

حداکثر جریانی که تپ چنجر اساس آن طراحی شده و تایپ تست ها بر اساس آن انجام می شود.

- **ولتاژ پله نامی (Rated Step Voltage- Ui)**

ولتاژ بین تپ های مجاورتپ چنجر است. ولتاژ پله ممکن است در تمام طول سیم پیچی ثابت باشد و یا این که تغییر کند و در نتیجه بیشترین اختلاف ولتاژ بین تپ ها در انتخاب تپ چنجر مد نظر قرار می گیرد.

- **حداکثر ولتاژ پله نامی (Maximum Rated Step Voltage- Uim)**

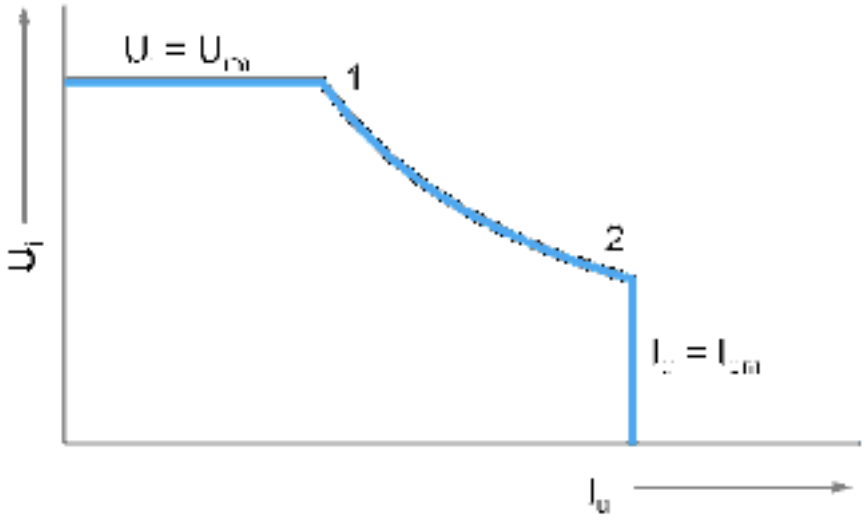
حداکثر ولتاژ پله مجاز بین تپ های مجاور تپ چنجر

مشخصات الکتریکی تپ چنجر تحت بار

- ظرفیت پله نامی (Rated Step Capacity- PStN)

ظرفیت پله نامی تپ چنجر از حاصلضرب جریان نامی و ولتاژ پله نامی بدست می آید :

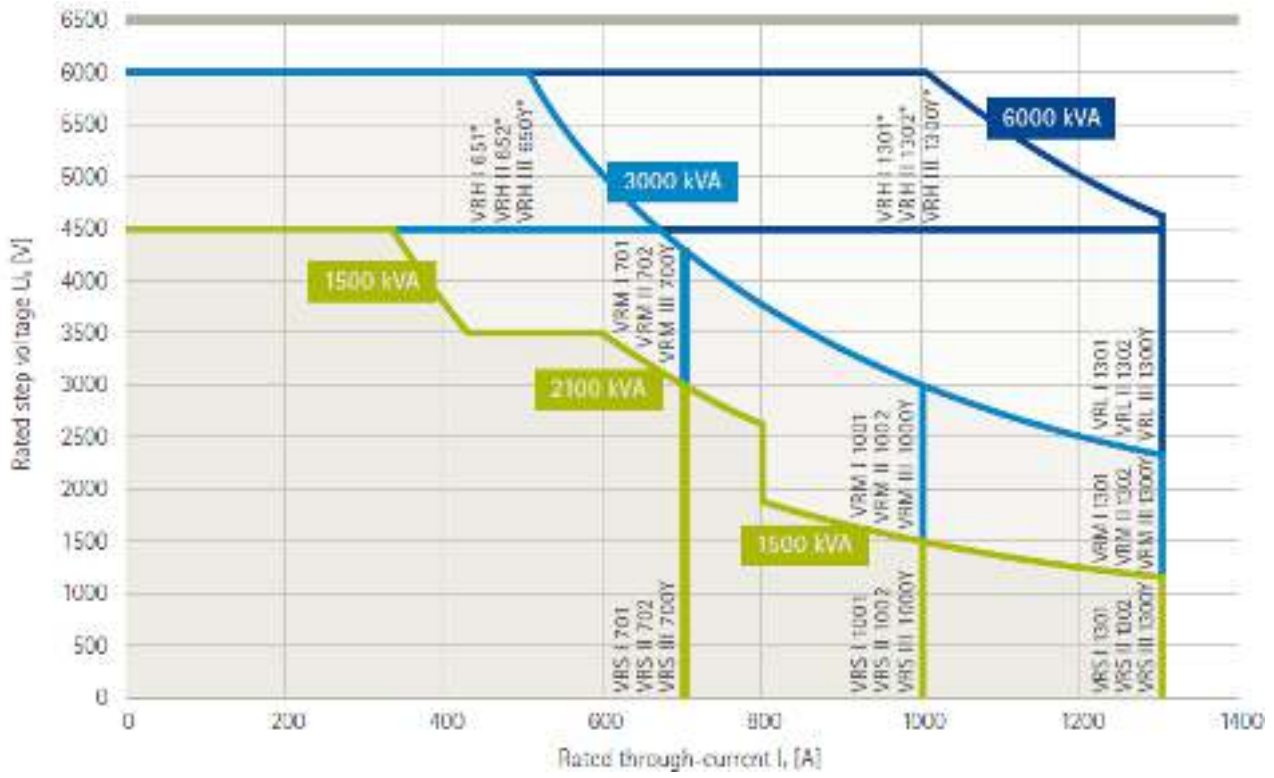
$$P_{StN} = I_n \times U_i$$



در شکل زیر محدوده عملکرد مجاز دایورتر سوییچ نشان داده شده است.
مشاهده می شود که رنج مجاز کاری به حداکثر جریان نامی و حداکثر ولتاژ پله نامی محدود می شود :

مشخصات الکتریکی تپ چنجر تحت بار

- نمونه واقعی ظرفیت پله نامی (Rated Step Capacity- PStN)



پارامترهای دمایی مربوط به تپ چنجر

- تپ چنجر و متعلقات آن در رنج دمایی خاصی کار میکنند که باید حتما رعایت شود.

Product	$T_{min(oil)}$	$T_{max(oil)}$
VACUTAP® VV®, VM®, VR®	- 25 °C	115 °C
OILTAP® G, M, MS, R, RM, V	- 25 °C	115 °C
DEETAP® DU, COMTAP® ARS	- 25 °C	115 °C

Product	$T_{min(air)}$	$T_{max(air)}$
TAPMOTION® ED motor-drive unit	- 25 °C	50 °C
Manual drive TAPMOTION® DD	- 45 °C	70 °C
Drive shaft	- 25 °C	80 °C
Protective relay RS2001	- 25 °C	50 °C

پارامترهای دمایی مربوط به تپ چنجر (با طراحی مخصوص مناطق سردسیر)

- تپ چنجر و متعلقات آن در رنج دمایی خاصی کار میکنند که باید حتما رعایت شود.

Product	$T_{min(oil)}$	Restrictions
VACUTAP® VV® VACUTAP® VM® VACUTAP® VR®	- 40 °C	• Only permitted with normal motor runtime • Only permitted when using LUMINOL™ TR/TRI mineral oil for transformers and on-load tap-changers
OILTAP® M, MS OILTAP® R, RM	- 40 °C	• Only permitted with normal motor runtime
OILTAP® V	- 40 °C	• At less than - 25 °C only rigid operation is permitted (no switching operations)

Product	$T_{min(air)}$	Restrictions/comments
TAPMOTION® ED motor-drive unit	- 40 °C	• Arctic model
Manual drive TAPMOTION® DD	- 45 °C	• Standard model
Drive shaft	- 40 °C	• Arctic model
Protective relay RS2001	- 40 °C	• Standard model

حداقل الزامات عملکردی تپ چنجر مطابق IEC60214-1

- عمر کنتاکت (Contact life) : ۵۰.۰۰۰ عملکرد در حداکثر جریان نامی و ولتاژ پله مربوطه. نتایج این تست برای تضمین عملکرد تپ چنجر در تعاداد عملکرد خاص بدون نیاز به تعویض کنتاکت ها مورد استفاده قرار می گیرد.

- اضافه بار موقتی (Temporary Overload) : در ۱.۲ برابر حداکثر جریان نامی، تست افزایش دما باید بر روی کنتاکت هایی که جریان پیوسته از آن ها عبور میکند انجام شود و افزایش دما نسبت به روغن نباید از ۲۰ درجه بیشتر باشد. به علاوه تست ظرفیت قطع نیز باید ۴۰ بار در دو برابر حداکثر جریان نامی و در ولتاژ پله مربوطه انجام شود.

- تحمل جریان اتصال کوتاه (Short-Circuit Current Strength) : در این تست همه کنتاکت هایی که جریان به صورت پیوسته از آن ها عبور می کند باید با جریان ۱۰ برابر حداکثر جریان نامی با پیک اولیه ۲.۵ برابر مقدار موثر جریان اتصال کوتاه نامی به مدت حدقل ۲ ثانیه و در ۳ بار آزمایش شوند.

- تحمل عایقی (Dielectric Strength) : تولید کننده ترانسفورماتور هم مسئولیت انتخاب تپ چنجر با تحمل عایقی مناسب را بر عهده دارد و هم باید تحمل عایقی اتصالات را تامین نماید.

حداقل الزامات عملکردی تپ چنجر مطابق IEC60214-1

- **عمر مکانیکی (Mechanical Life)** : تست تحمل ۵۰۰.۰۰۰ تغییر تپ بدون عبور جریان باید انجام شود. برای انجام این تست تپ چنجر باید با روغن پر شود و یا در مخزن پر از روغن قرار داده شود. در جدول زیر میزان عملکرد تپ چنجر در شرایط مختلف کاری نشان داده شده است.

	Transformer Data			Number of On-Load Tap Changer Operations per Year		
Transformer	Power MVA	Voltage kV	Current A	Min.	Medium	Max.
Power station	100–1,300	110–765	100–2,000	500	3,000	10,000
Interconnected	200–1,500	110–765	300–3,000	300	5,000	25,000
Network	15–400	60–525	50–1,600	2,000	7,000	20,000
Electrolysis	10–300	20–110	50–3,000	10,000	30,000	150,000
Chemistry	1.5–80	20–110	50–1,000	1,000	20,000	70,000
Arc furnace	2.5–150	20–230	50–1,000	20,000	50,000	300,000

سایر تکنولوژی های مورد استفاده

- ماجول خلاء قابل تعویض

بعد از ۳۰۰ تا ۶۰۰ هزار عملکرد به راحتی و در کمترین زمان قابل تعویض است

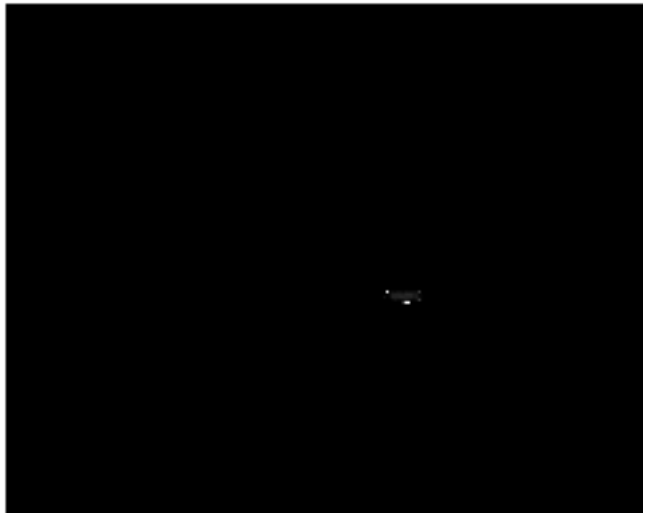
- سیستم حفاظت پله

تپ چنجر ها را در برابر اضافه ولتاژ های شبکه ناشی از سویچ زنی و برخورد صاعقه محافظت می کند.

سایر تکنولوژی های مورد استفاده

- سیستم پیشرفته کنترل جرقه **(Advanced Arc Control System)**

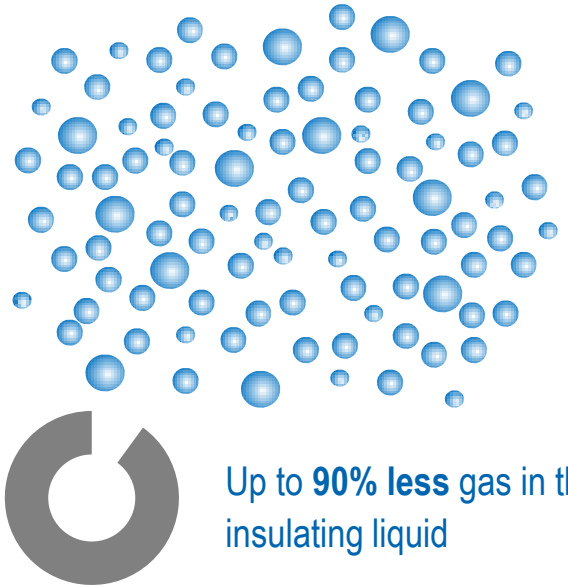
این سیستم جرقه را به صورت بهینه خاموش میکند تا کمترین اثر منفی را بر روی کنتاکت های خلاء داشته باشد

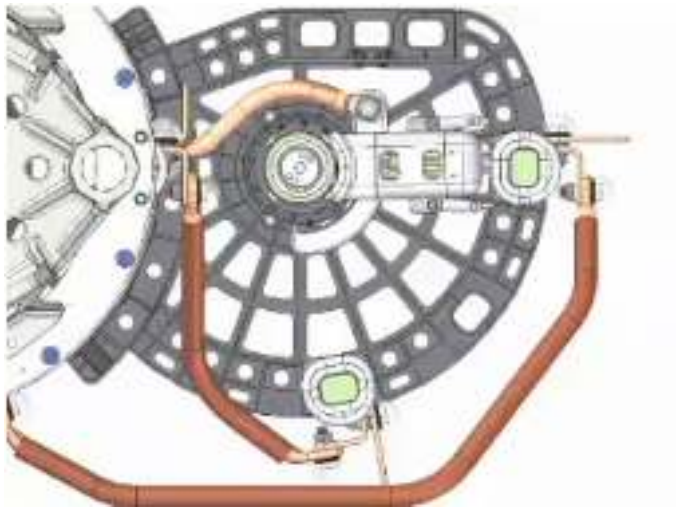


additional energy accumulator The kinetic energy output suddenly by the main spring accumulator is stored in the additional spring and transferred with a time delay to the diverter switch insert. This allows the opening and closing speeds of the vacuum interrupters and auxiliary switches to be selectively controlled, ensuring reliable arc extinguishing under all conditions.

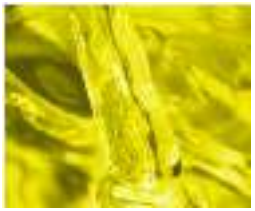
سایر تکنولوژی های مورد استفاده

- سیستم پیشگیری از گاز فعال (Active Gas Inhibition System – AGIS) در change-over selector کنتاکت ها بسیار سریع از یکدیگر جدا می شوند و در نتیجه گاز بسیار کمتر ی تولید می شود





سایر تکنولوژی های مورد استفاده



- امکان استفاده از روغن های سیلسکون و استر

Parameter	Transformer	OCTC	OLTC		
			Tap selector	Diverter switch/Selector switch	
				Oil-switching type	Vacuum-switching type
Electrical insulation	x	x	x	x	x
Cooling	x	x	x	x	x
Arc-breaking behaviour			x Change-over selector	x	
Lubrication		(x)	x	x	x
Viscosity		x		x	x
Compatibility	x environment	x material	x material	x material	x material

Table 1: Demands on suitable liquids for transformers, off-load tap-changers (OCTC) and on-load tap-changers (OLTC)

سایر تکنولوژی های مورد استفاده

- **امکان استفاده از روغن های سیلسکون و استر**

OLTC Type	HMWH	Synthetic Ester	Natural Ester	Silicone Oil
VACUTAP® VV®	x	x	x	–
VACUTAP® VM® (except VM® 300)	–	x	x	–
VACUTAP® VRC/VRE VACUTAP® VRD/VRE[1]	x	x	x	–
VACUTAP® RMV-II	x	x	x	–
OILTAP® M/RM Mineral oil inside OLTC oil compartment	x	x	x	–
OILTAP® V Mineral oil inside OLTC oil compartment	x	x	x	(x)[2]
DEETAP® DU	(x)[2]	(x)[2]	(x)[2]	(x)[2]

x : approved
– : not approved

[1] on request

[2] special case; please consult MR

Table 2: Possible combinations of MR tap changers with alternative liquids

با سپاس از توجه شما