

بسم الله الرحمن الرحيم

ارتینگ

انواع زمین کردن:

زمین کردن به طور کلی به دو بخش تقسیم میشود:

۱- زمین کردن الکتریکی یا زمین کردن نوترال یا نول کردن سیستم

به طور کلی منظور از زمین کردن نوترال رسیدن به اهداف زیر است:

✓ کاهش تنش الکتریکی ناشی از اثرات کلیدزنی و صاعقه

✓ تامین و کنترل جریان اتصال در حد قابل قبول

✓ کاهش عدم تعادل ولتاژ

✓ محدود کردن ولتاژ نقطه

۲- زمین حفاظتی یا ایمنی

از این نوع سیستم حفاظتی در ایجاد ایمنی برای افرادی که بنا به وظیفه شغلی در تماس با تجهیزات سیستم های الکتریکی و نیز برای افراد جامعه که مصرف کننده نهایی انرژی برق میباشند ، استفاده میشود. هدف دیگر از این نوع سیستم زمین ، محدود کردن خطر آتش سوزی از راه قطع سریع مدار معیوب به کمک وصل بدنه های فلزی به هادی خنثی یا زمین است. در برخی موارد تفکیک دو نوع اتصال زمین برای دو هدف بالا ممکن نیست و به همین دلیل ایجاد یک اتصال زمین برای هر دو منظور کافی است. ولی در بعضی شرایط تفکیک دو سیستم زمین لازم و ضروری است.

انواع زمین الکتریکی:

روشهای مختلف زمین کردن نوترال عبارتند از:

✓ زمین کردن به شکل مستقیم

✓ زمین کردن از طریق مقاومت

✓ زمین کردن از طریق راکتانس

✓ زمین کردن از طریق ترانسفورماتور

✓ زمین کردن ایزوله یا زمین کردن از طریق ارستر

انواع زمین حفاظتی:

سیستم زمین حفاظتی دراستانداردها از جهات گوناگون مورد طبقه بندی قرار گرفته که کاملترین و جدیدترین آنرا میتوان به صورت زیر بیان نمود:

- گراند تجهیزات
- گراند صاعقه گیر
- گراند بارهای ساکن
- گراند ایزوله
- گراند منفرد یا مستقل
- گراند سیگنال مرجع

● گراند تجهیزات :

عبارت است از اتصال تمام قسمتهای فلزی یک دستگاه که در حالت عادی جریانی از آنها عبور نمیکند به زمین مثل اتصال بدنه لوازم برقی، موتورها و غیره به زمین این از معمول ترین و اصلی ترین نوع گراند است.

به این ترتیب در حالت عادی سیم گراند نقشی ندارد و جریانی از آن عبور نمیکند. ولی در حالتی که بنا به دلایلی مثلاً به خاطر خراب شدن پوشش و عایق، سیم فاز به بدنه فلزی دستگاه بخورد (اتصال کند) این امر باعث قطع سریع فیوزی که این دستگاه از آن تغذیه میکند خواهد شد و لذا

پیش از وقوع هر خطری دستگاه معیوب بی برق میشود و از کار می افتد

● گراند صاعقه گیر (برق گیر) :

ایجاد یک مسیر ایمن و غیر مخرب برای عبور جریان ناشی از صاعقه که مستقیماً روی ساختمان یا تجهیزات فلزی در محوطه تخلیه میشود را از بام تا زمین گراند صاعقه گیر گویند.

در صورتی که صاعقه به طور مستقیم به ساختمان یا تجهیزات فلزی روی بام یا کنار ساختمان بخورد و ساختمان سیستم برق گیر نداشته باشد و یا این سیستم درست طراحی و اجرا نشده باشد جریان صاعقه به جای عبور از مسیر امن گراند از طریق دیگر تجهیزات فلزی مثل مخزن آب، آنتن، دود کش، ناودانی، راه پله فلزی و غیره به زمین میرسد و این تخلیه جریان که در بعضی اوقات در حد کیلوآمپر است میتواند خطرات زیادی را برای افراد و تجهیزات داشته باشد.

گراند صاعقه گیر شامل بخش های زیر میباشد:

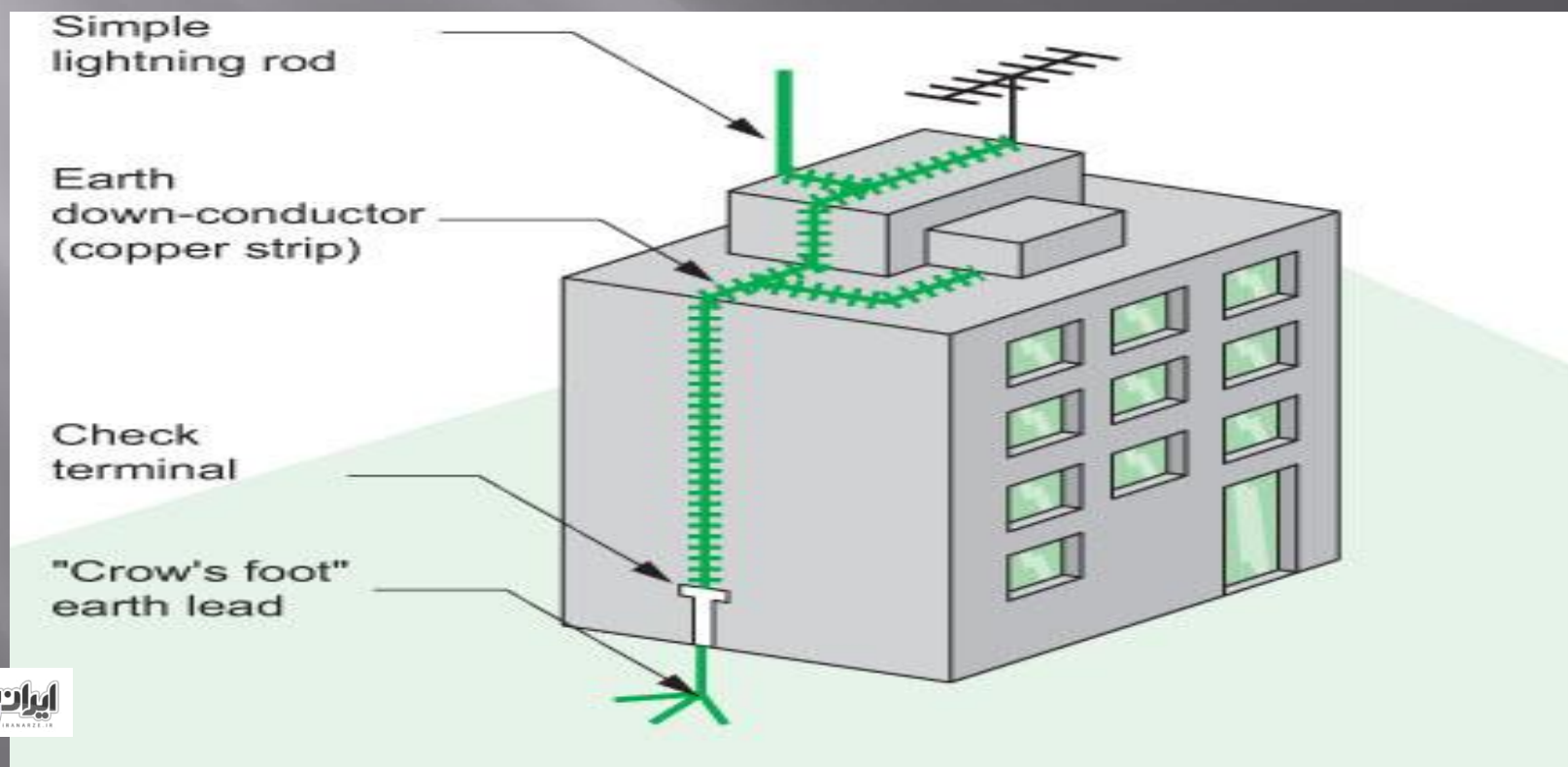
- هادیهای برقگیر(صاعقه گیر

- هم بندی بام

- هادیهای نزولی

- رینگ پائین

- سیستم زمین (ارتینگ)



گراوند بارهای ساکن:

بارهای ساکن، ناشی از اضافه یا کمبود الکترون در اتم های اجسام می باشند و جسمی که بازاء هر اتم خود، یک الکترون کم یا زیاد داشته باشد باردار قوی محسوب می باشد.

ولتاژی که بر اثر بارهای ساکن ایجاد می شود با مقدار بار ذخیره شده در آن جسم و ظرفیت جسم نسبت به محیط اطراف خود ارتباط پیدا می کند.

اگر روند تولید بارهای ساکن در یک جسم بیشتر از نرخ نشت آن باشد ولتاژ جسم، رفته رفته افزایش می یابد به حدی که بالاخره سبب یک تخلیه ناگهانی انرژی به بخشی از محیط اطراف میشود که این تخلیه ناگهانی در پاره ای از موارد خطر آفرین خواهد بود.

افزایش ولتاژ قبل از تخلیه می تواند به چندین هزار ولت برسد اما چون بارها ساکن بوده و جاری نیستند احتمال تبدیل فرآیند تخلیه بارها به فرآیند جرقه در یک محیط معمولی خیلی کم است.

روشهای کنترل بارهای الکترواستاتیک:

-هم بندی و زمین کردن

-کنترل رطوبت

-یونیزاسیون

-اجرای کف های هادی

-تمهیدات مخصوص نصب و نگهداری

از ترکیب روشهای بالا نیز در مواردی جهت موثرتر می توان استفاده نمود.

در شکل های زیر چند نمونه ارتینگ جهت اطفای بارهای ساکن نشان داده شده است.

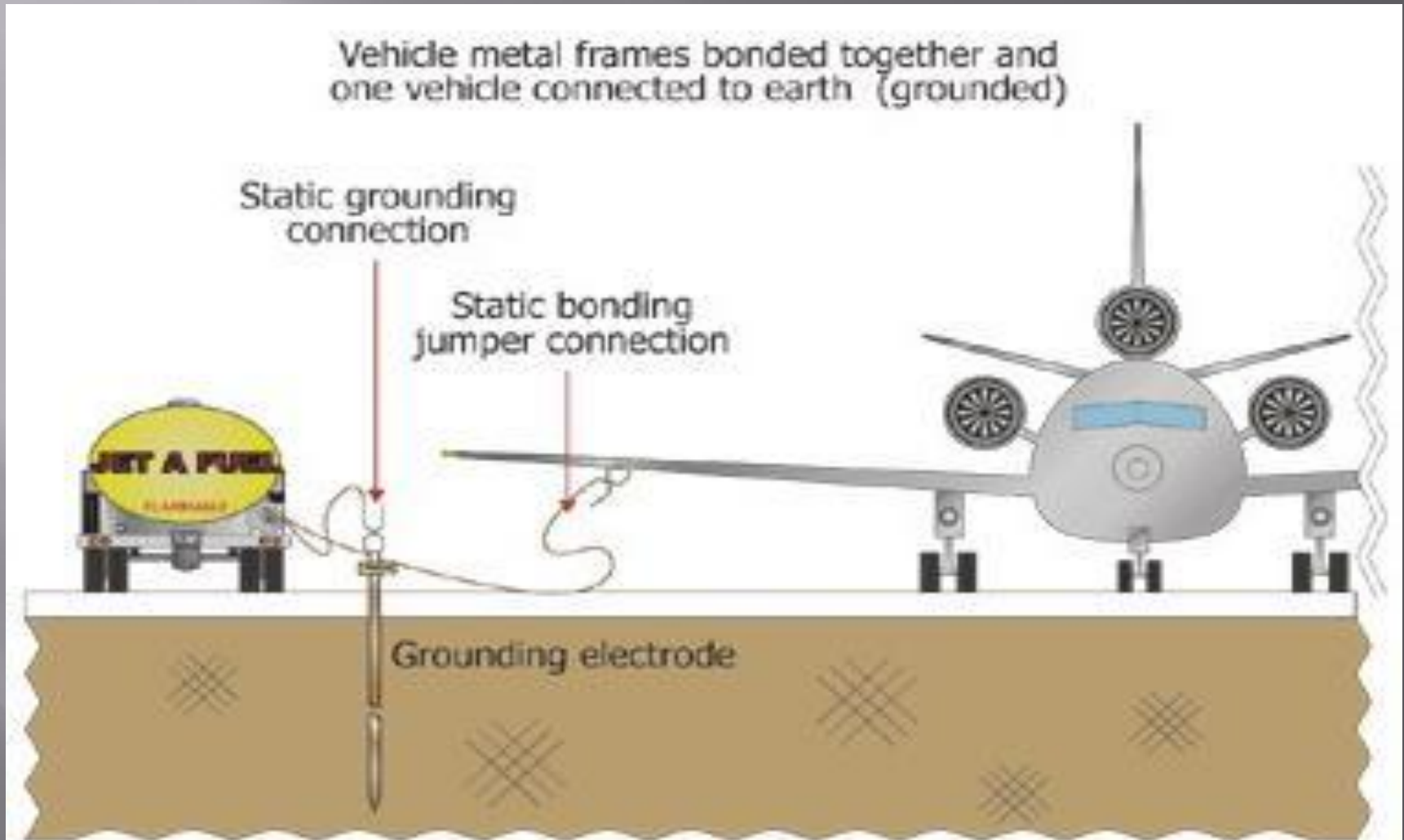


Figure 7. Two vehicles connected together (bonded), and one vehicle also connected to the earth (grounded)

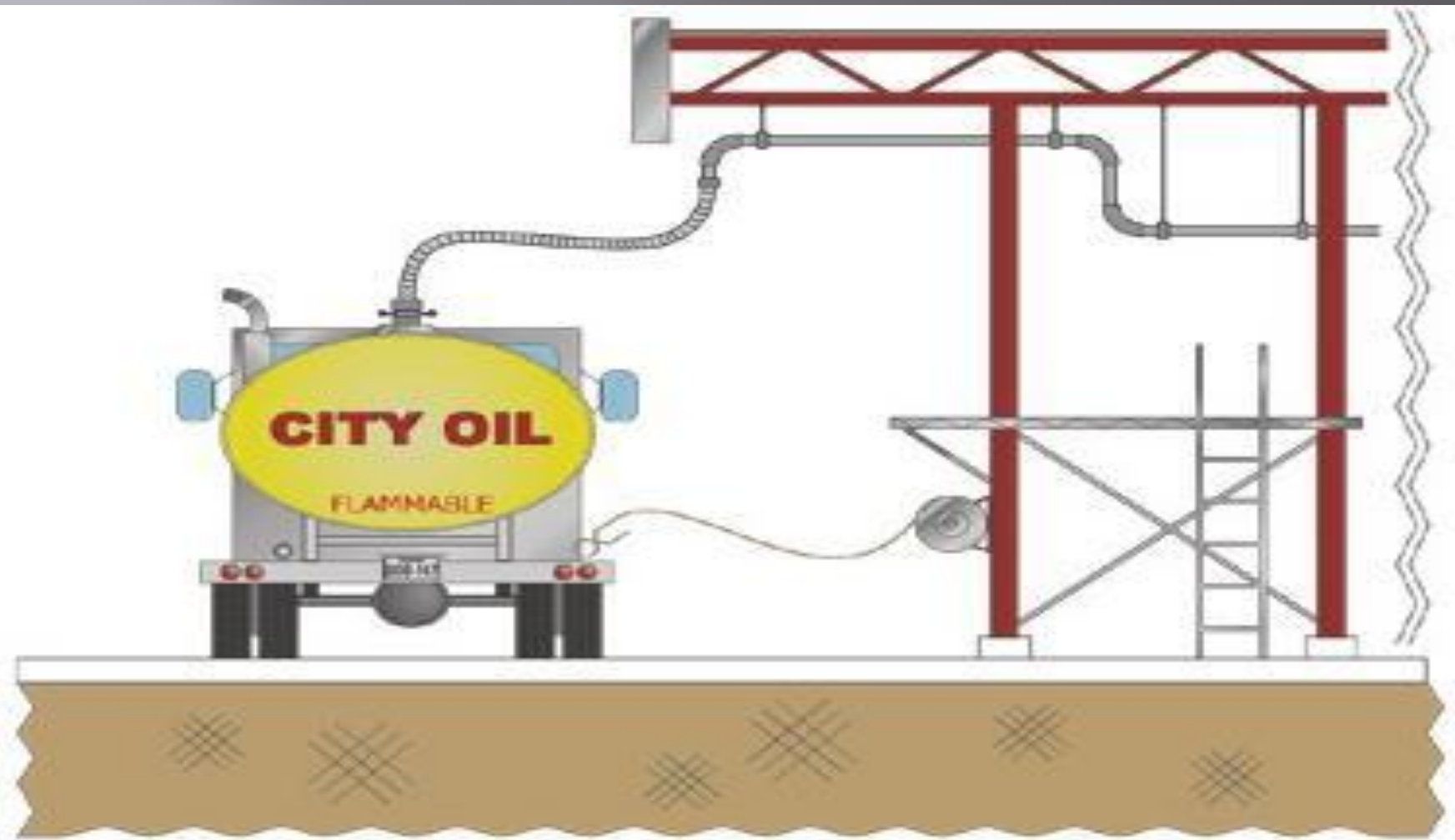


Figure 9. A typical petroleum-based product transfer from a bulk facility to a smaller vessel with a static bonding system employed at that location

تقسیم بندی سیستم های فشار ضعیف از نظر روش زمین کردن
(سیستم ارت) :

در فشار ضعیف سه نوع سیستم ارت (سیستم زمین) معمول می باشد.

۱- سیستم **TN** که خود به سه گونه مختلف می باشد که عبارتند از:

TN-C-S v

TN-C v

TN-S v

۲- سیستم **TT**

۳- سیستم **IT**

حرف اول از سمت چپ مشخص کننده رابطه نول سیستم با زمین است
به این صورت که:

T یعنی نقطه نول مستقیماً به زمین وصل است.

I یعنی نقطه نول از طریق یک امپدانس به زمین متصل است یا نسبت

به زمین ایزوله است

حرف دوم از سمت چپ مشخص کننده رابطه بدنه های هادی تاسیسات با زمین است به این صورت که:

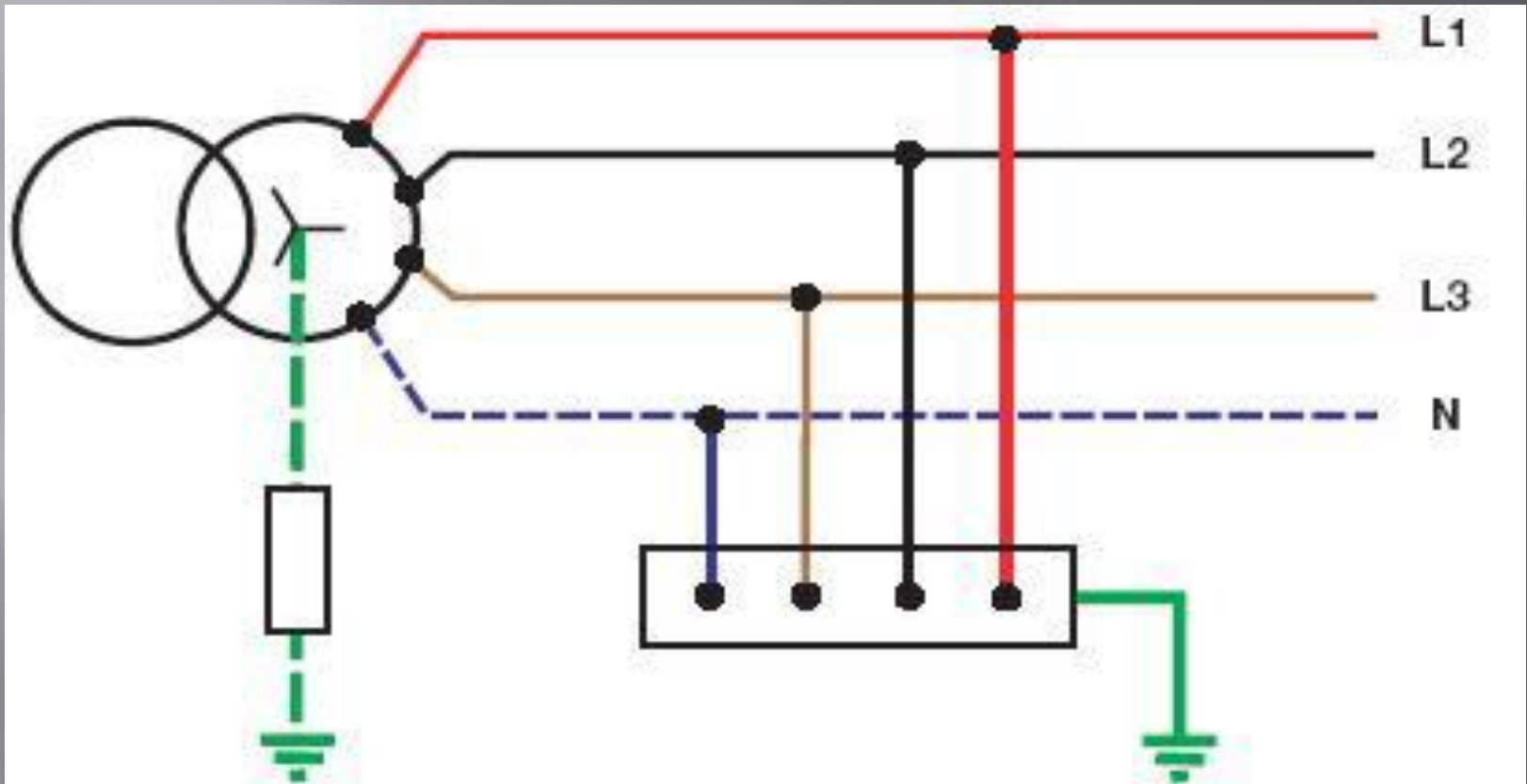
N یعنی بدنه های فلزی تجهیزات از نظر الکتریکی مستقیماً به نقطه زمین شده ترانس اصلی متصل شده اند.

T یعنی بدنه های فلزی مستقل از اتصال زمین سیستم نیرو به زمین وصل میشوند.

علاوه بر این در مورد سیستم **TN** از حروف اضافی دیگری برای مشخص کردن نحوه به کار گیری هادیهای حفاظتی **PE** و خنثی **N** استفاده میشود.

در زیر انواع سیستم های رایج ارت نشان داده شده است:

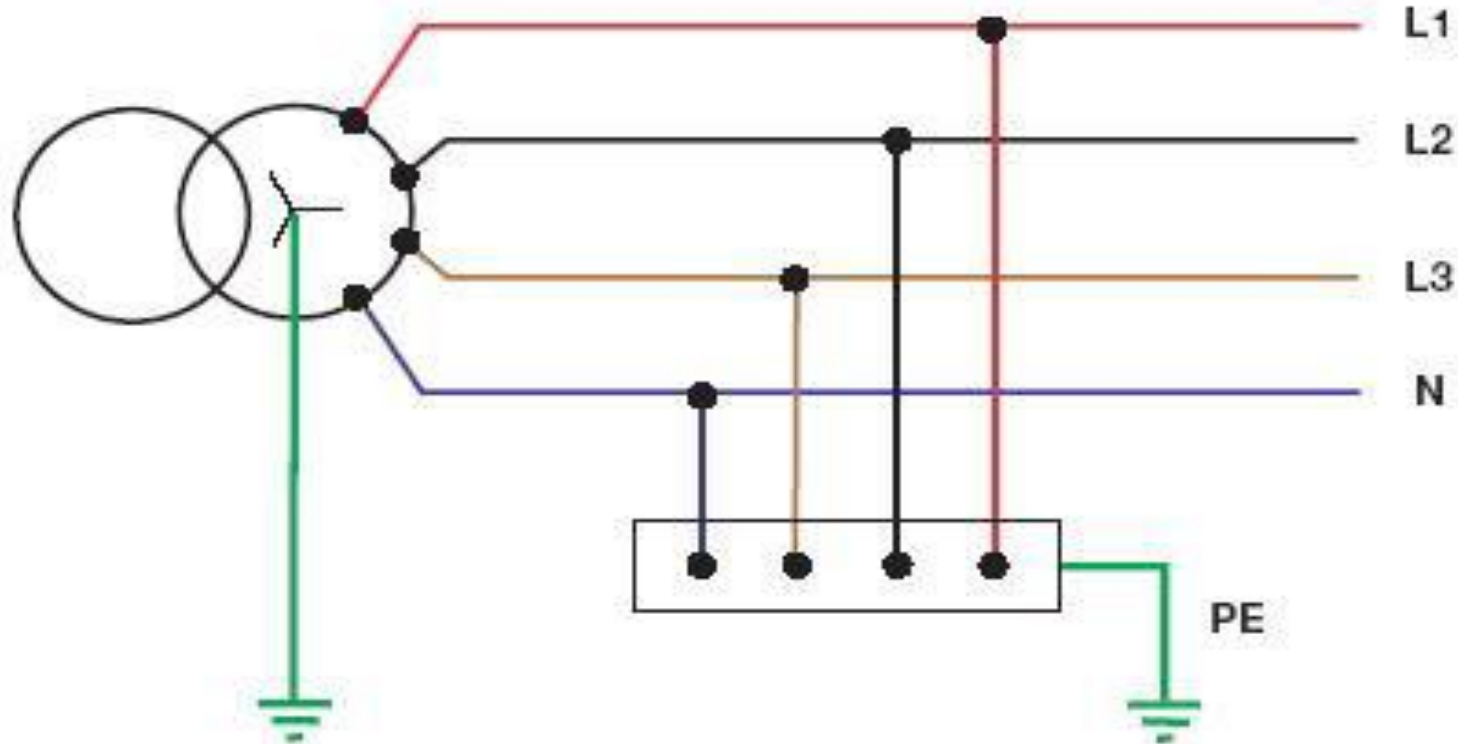
در سیستم **IT** نول از طرق یک امپدانس به زمین وصل شده و بدنه تجهیزات مستقلا به زمین متصل شده است



IT (neutral isolated or via impedance) wiring diagram:

The neutral point is either not connected to earth, or is so via an impedance (1000 to 2000 Ohms).

در سیستم **TT** نول به طور مستقیم به زمین وصل شده و بدنه تجهیزات مستقلا به زمین متصل شده است

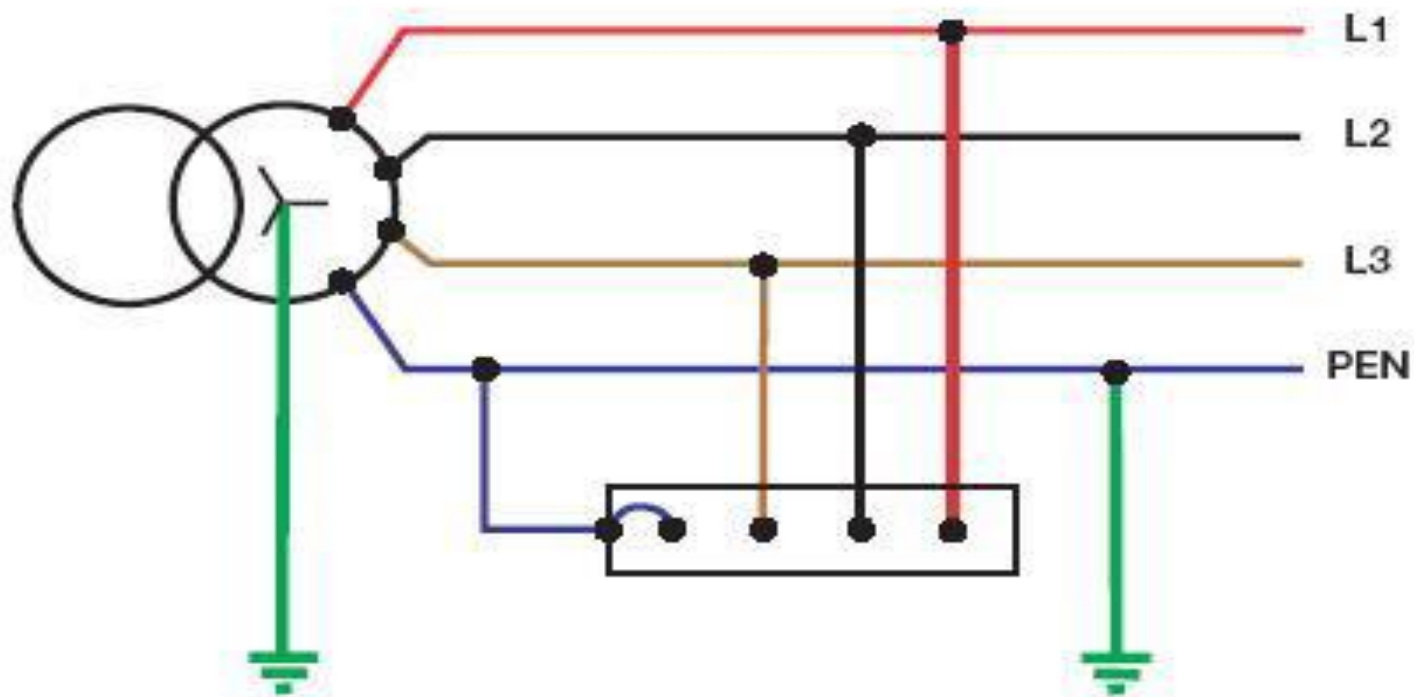


TT (neutral connected to earth) wiring diagram:

The neutral point of the supply is connected to earth.

The exposed conductive parts of the installation are connected to an earth rod; either a separate earth rod or to the neutral earth rod.

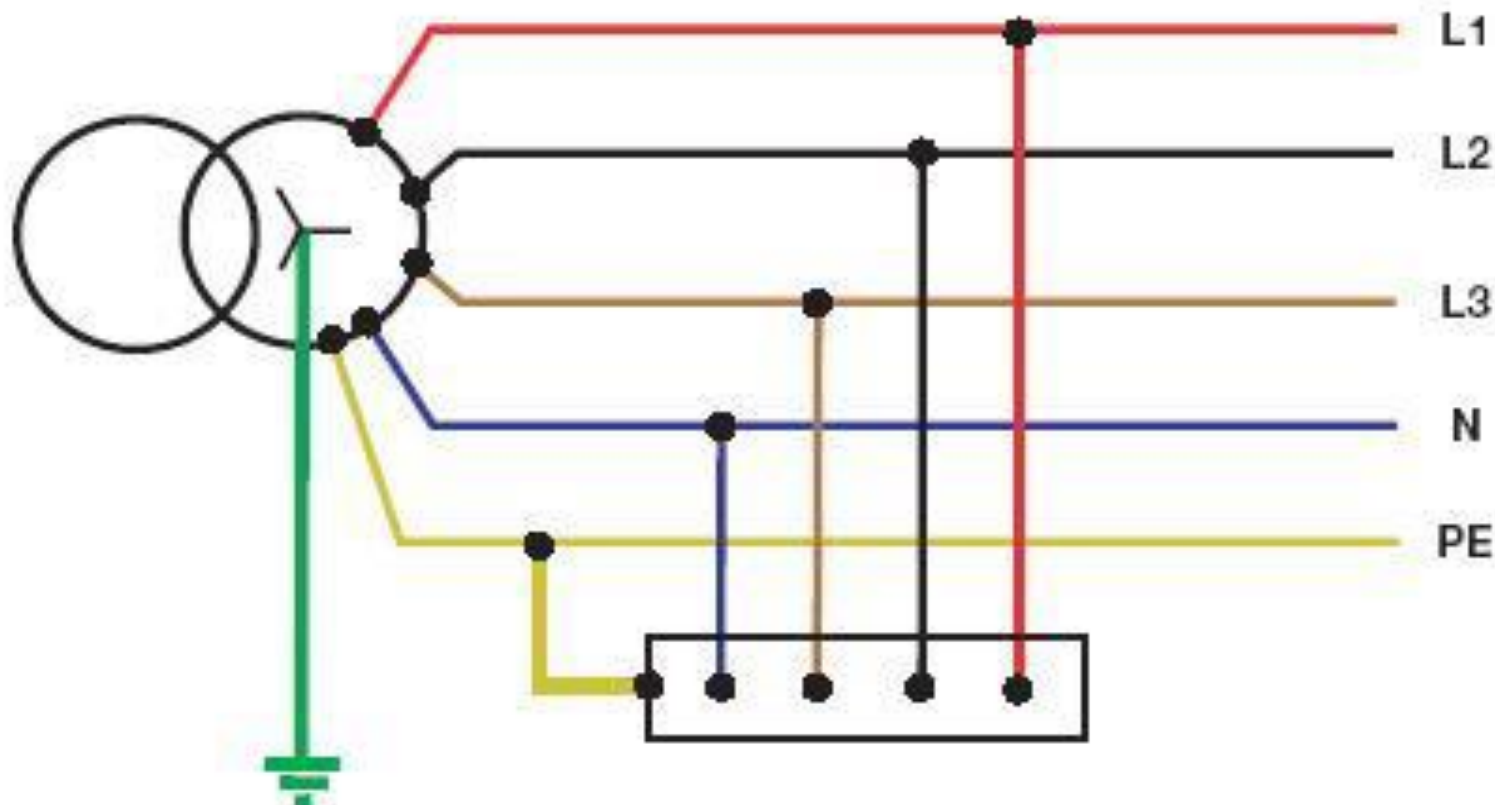
TN-C یعنی در سراسر سیستم بدنه های فلزی به سیم
مشترک حفاظتی و خنثی (**PEN**) متصل اند.



TN-C wiring diagram:

The neutral conductor and the protective conductor are the same conductor: PEN.

TN-S یعنی در سراسر سیستم بدنه های فلزی از طریق یک هادی مجزا (PE) به نقطه خنثی در مبدا سیستم وصل میشوند

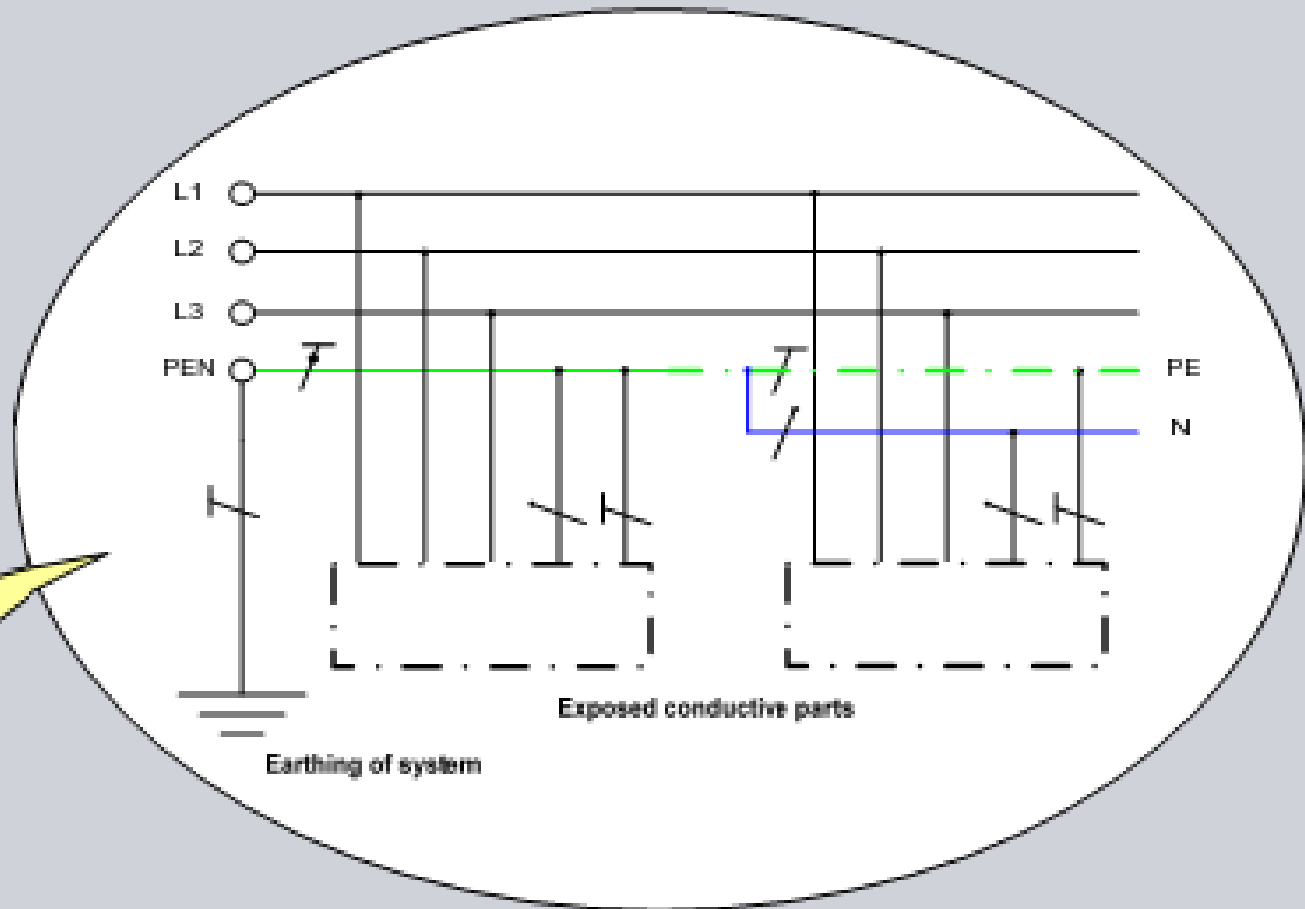


TN-S wiring diagram:

The neutral conductor and the protective conductor are separate.

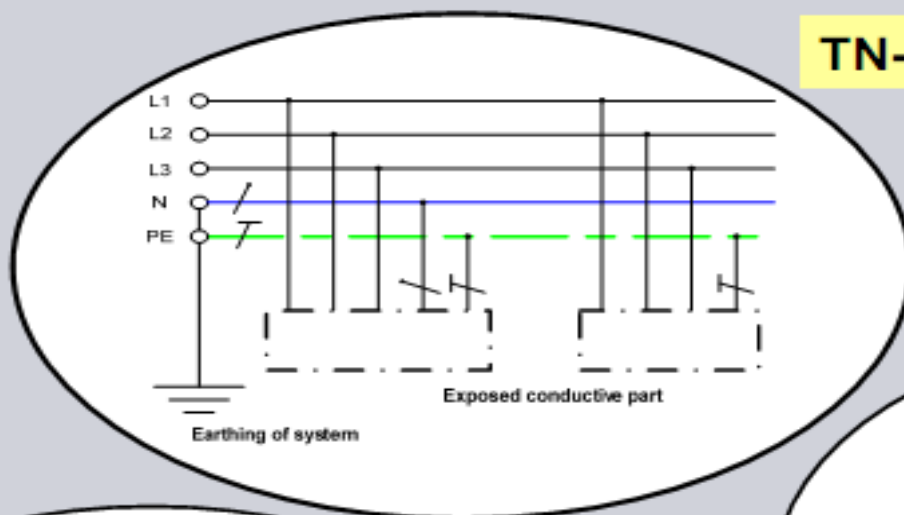
TN-C-S یعنی بخشی از سیستم از مبدا تا نقطه تفکیک دارای هادی توأم حفاظتی و خنثی **PEN** بوده و از آن نقطه به بعد هادی حفاظتی (**PE**) و خنثی (**N**) از هم جدا میشوند

**TN-C-S-
System**

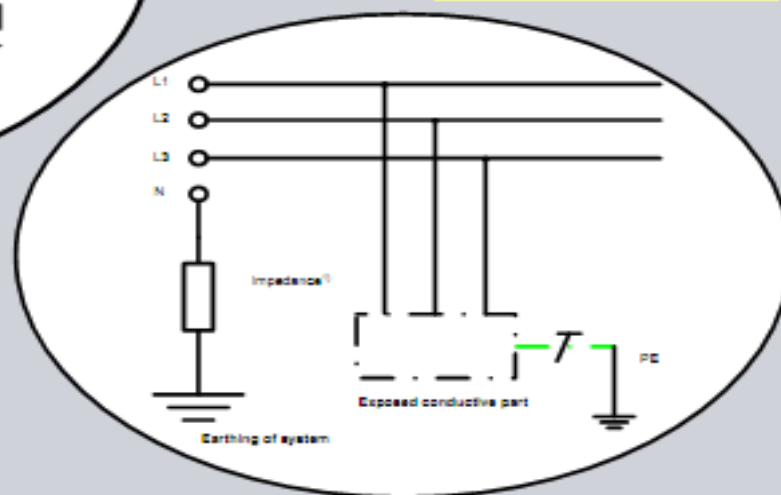


Low voltage systems

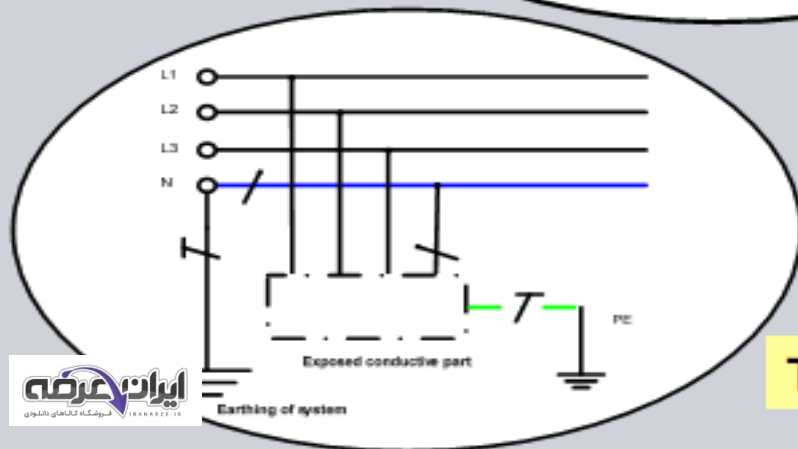
TN-S-System



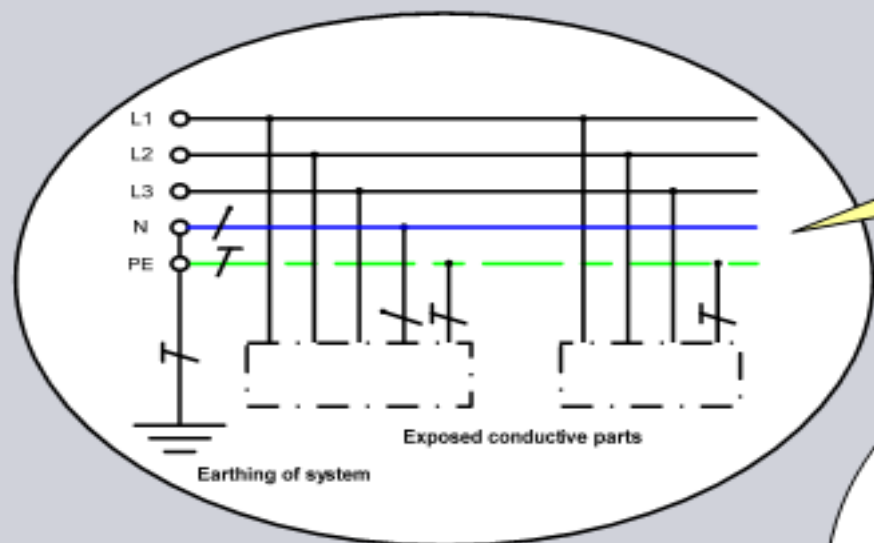
IT-System



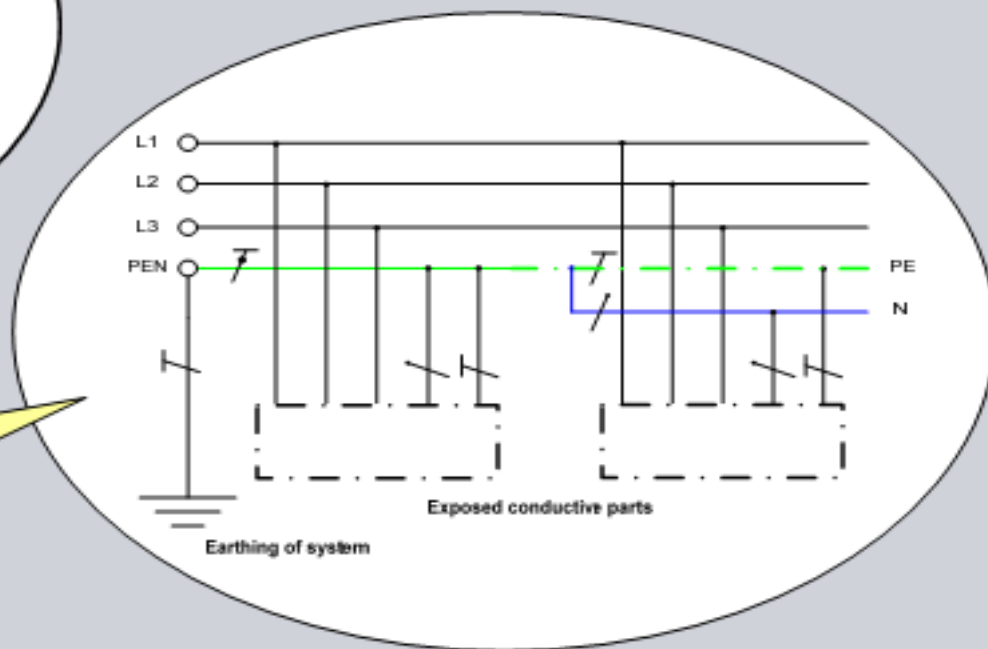
TT-System



Low voltage systems

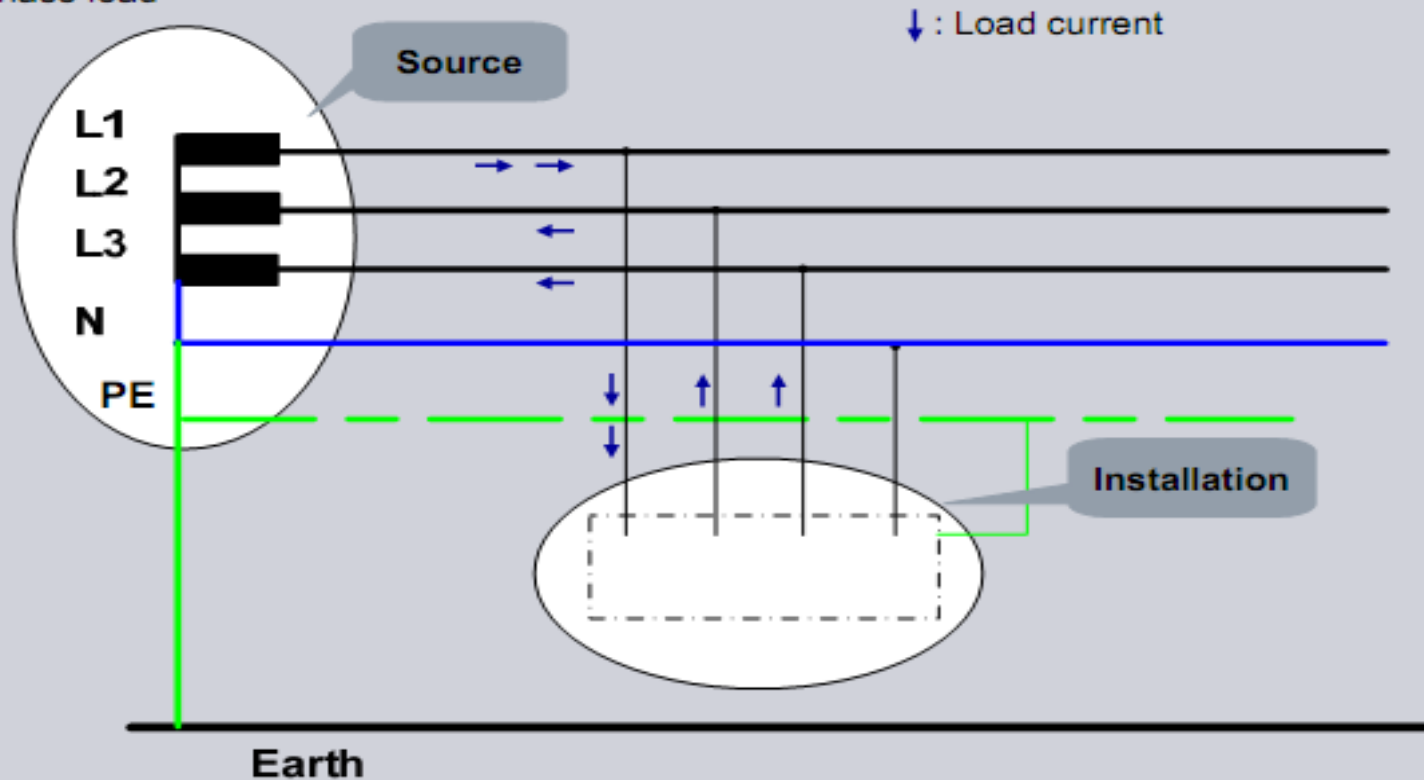


TN-C-S-System



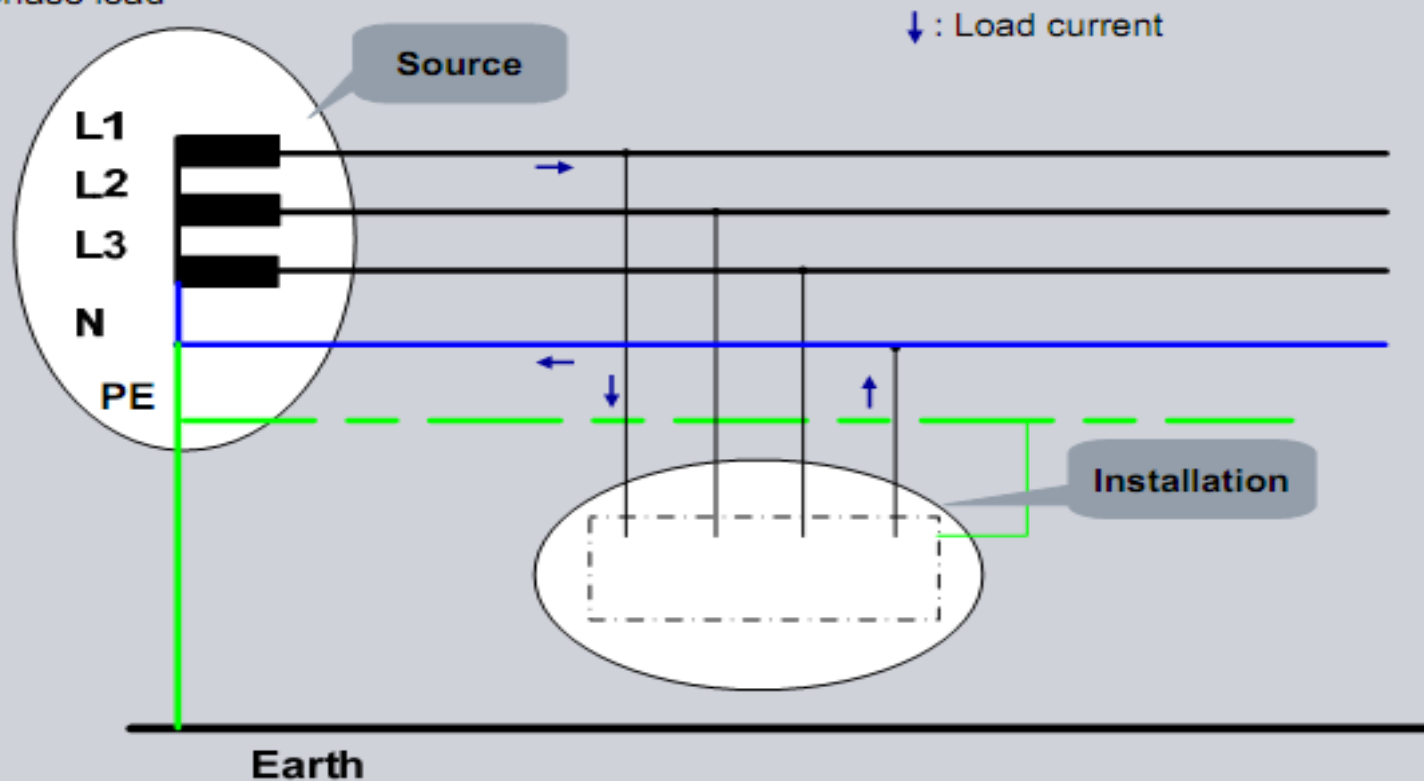
Types of system earthing according to IEC 60364-1 (2005-11) (TN-S System)

Three phase load



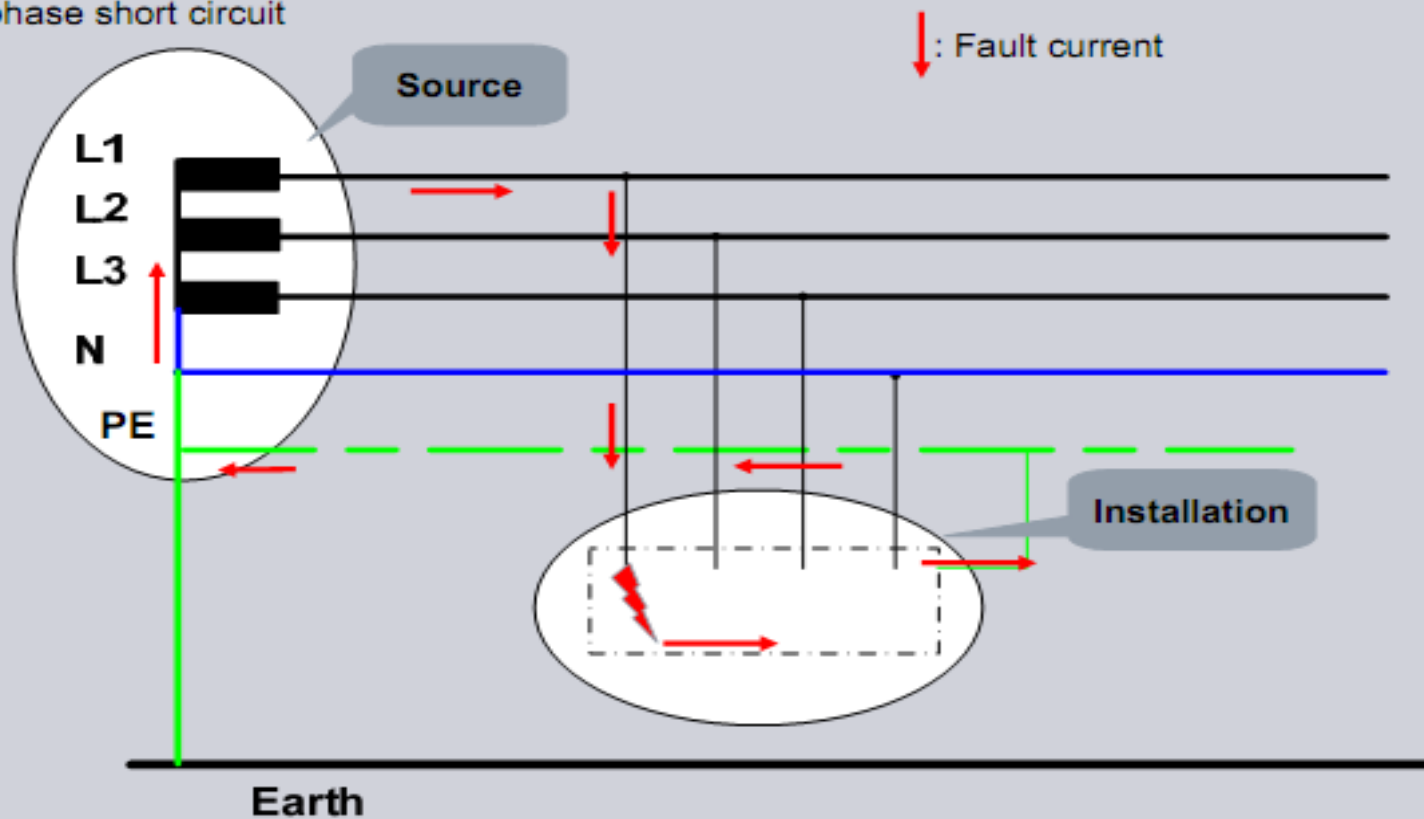
Types of system earthing according to IEC 60364-1 (2005-11) (TN-S System)

Single phase load



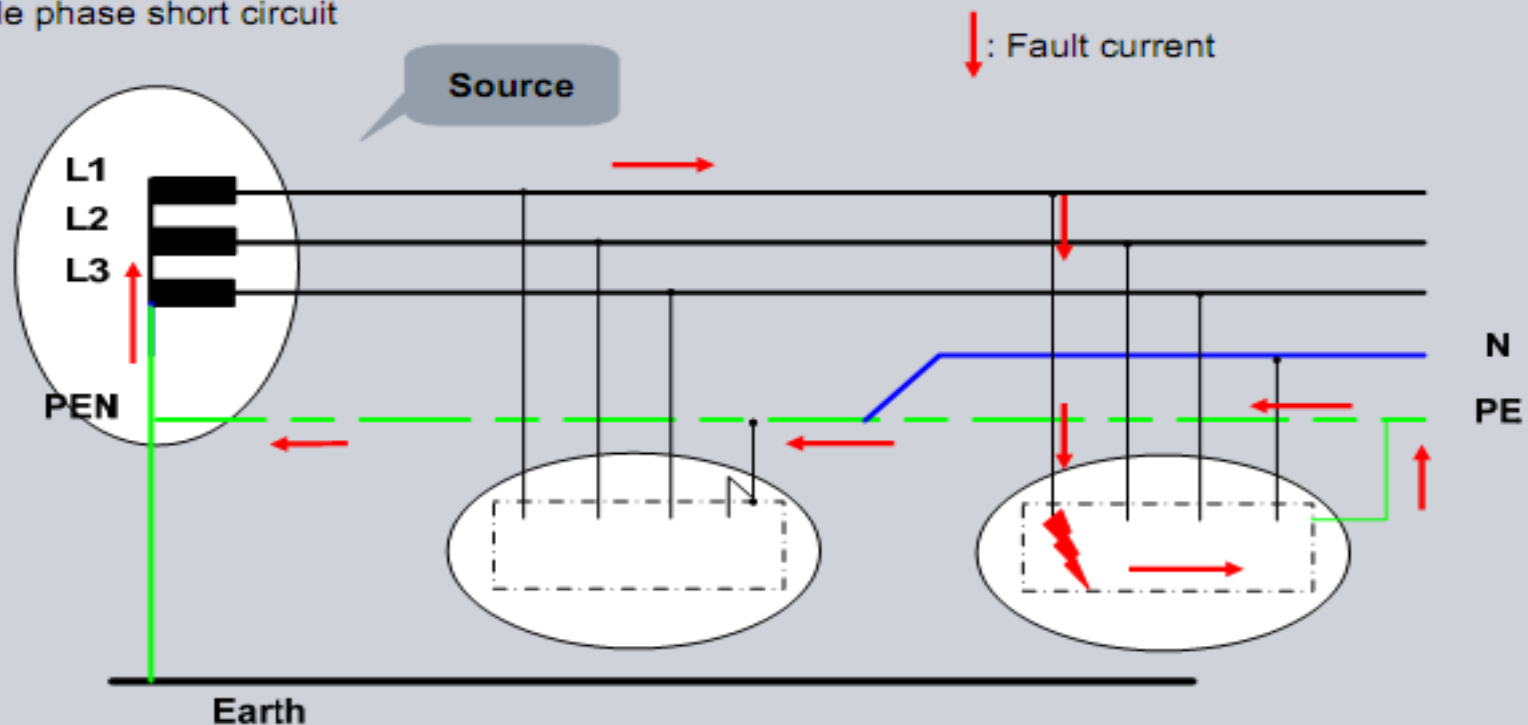
Types of system earthing according to IEC 60364-1 (2005-11) (TN-S System)

Single phase short circuit

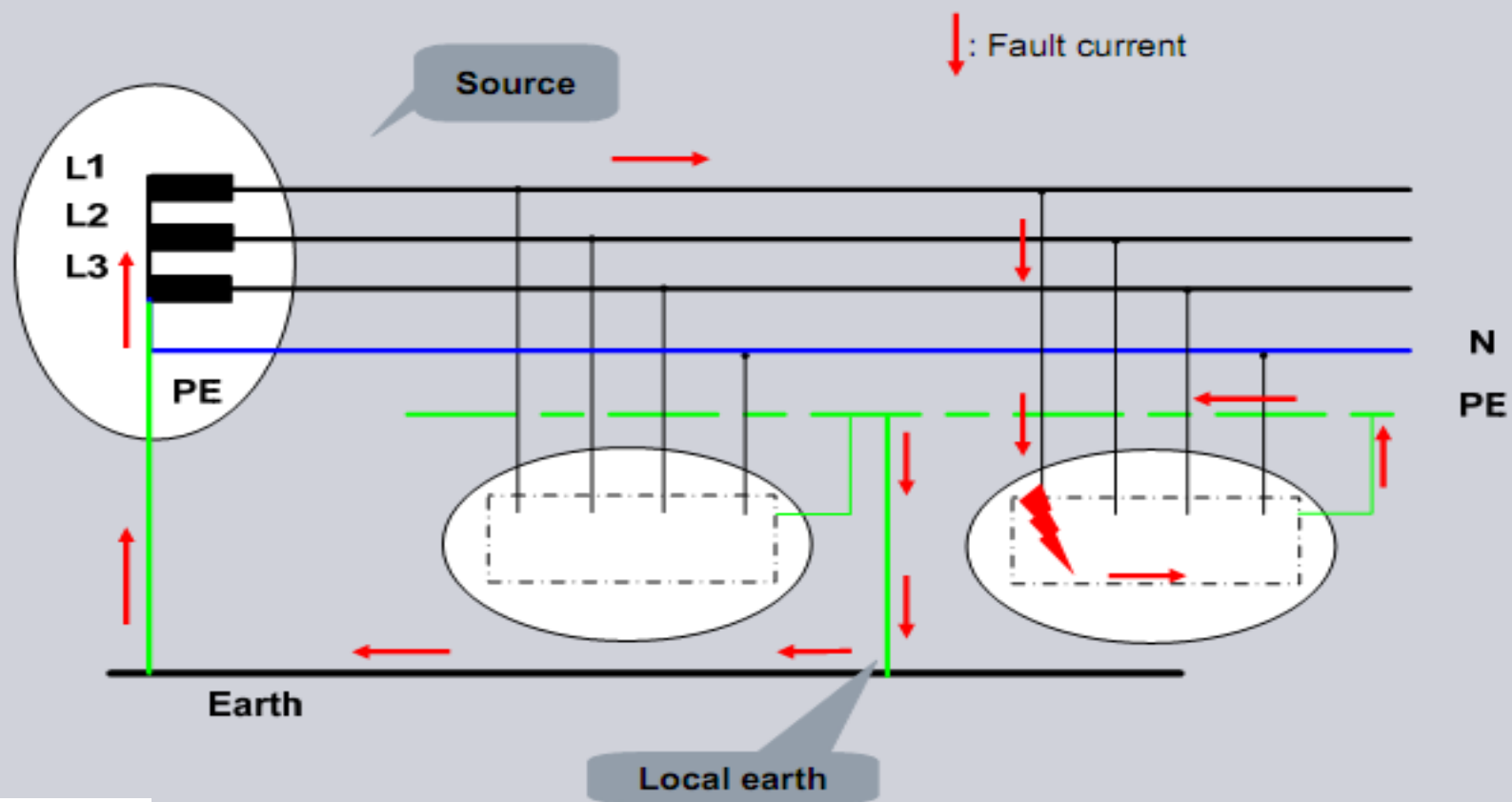


Types of system earthing according to IEC 60364-1 (2005-11) (TN-C-S System)

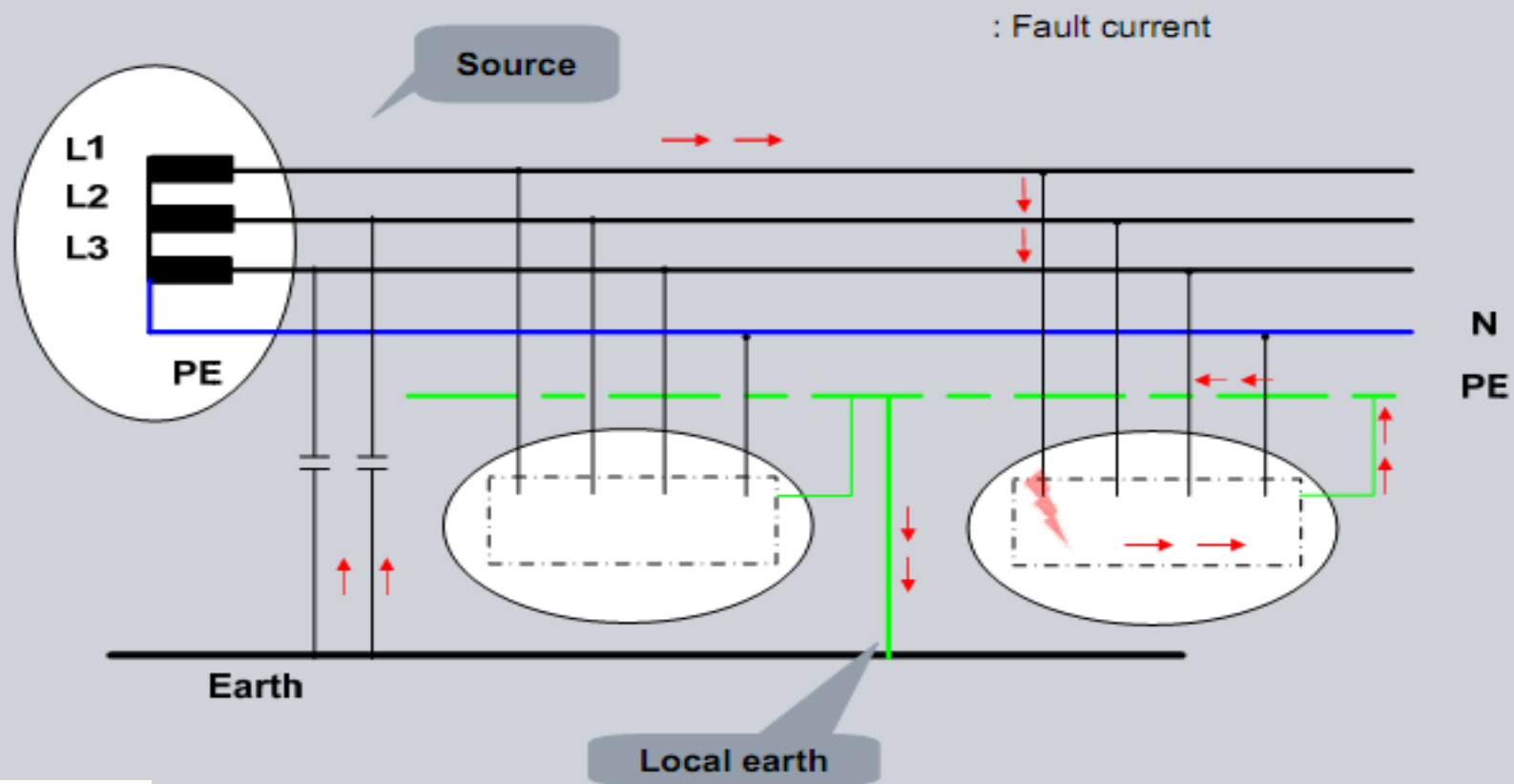
Single phase short circuit



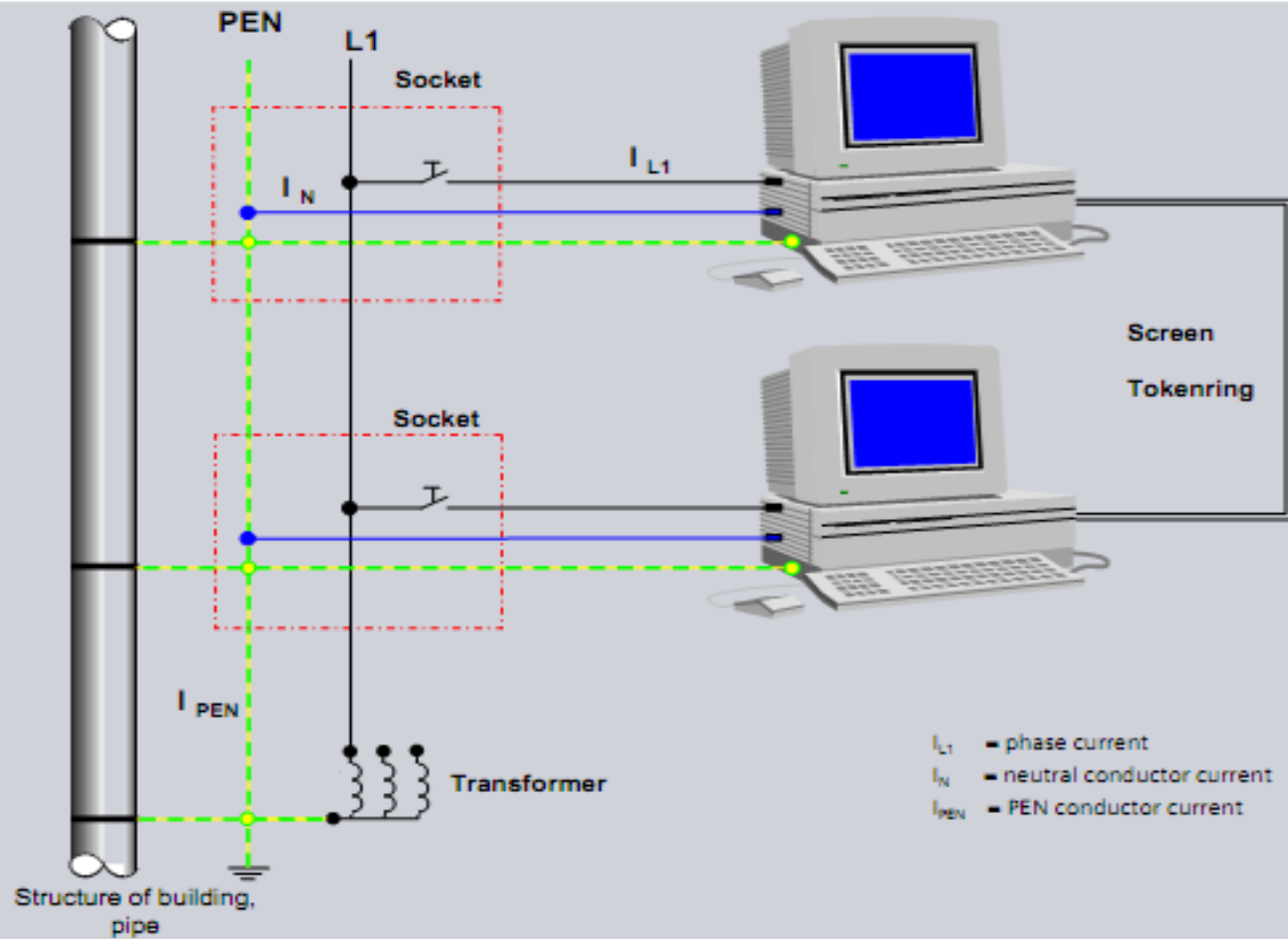
Types of system earthing according to IEC 60364-1 (2005-11) (TT System)



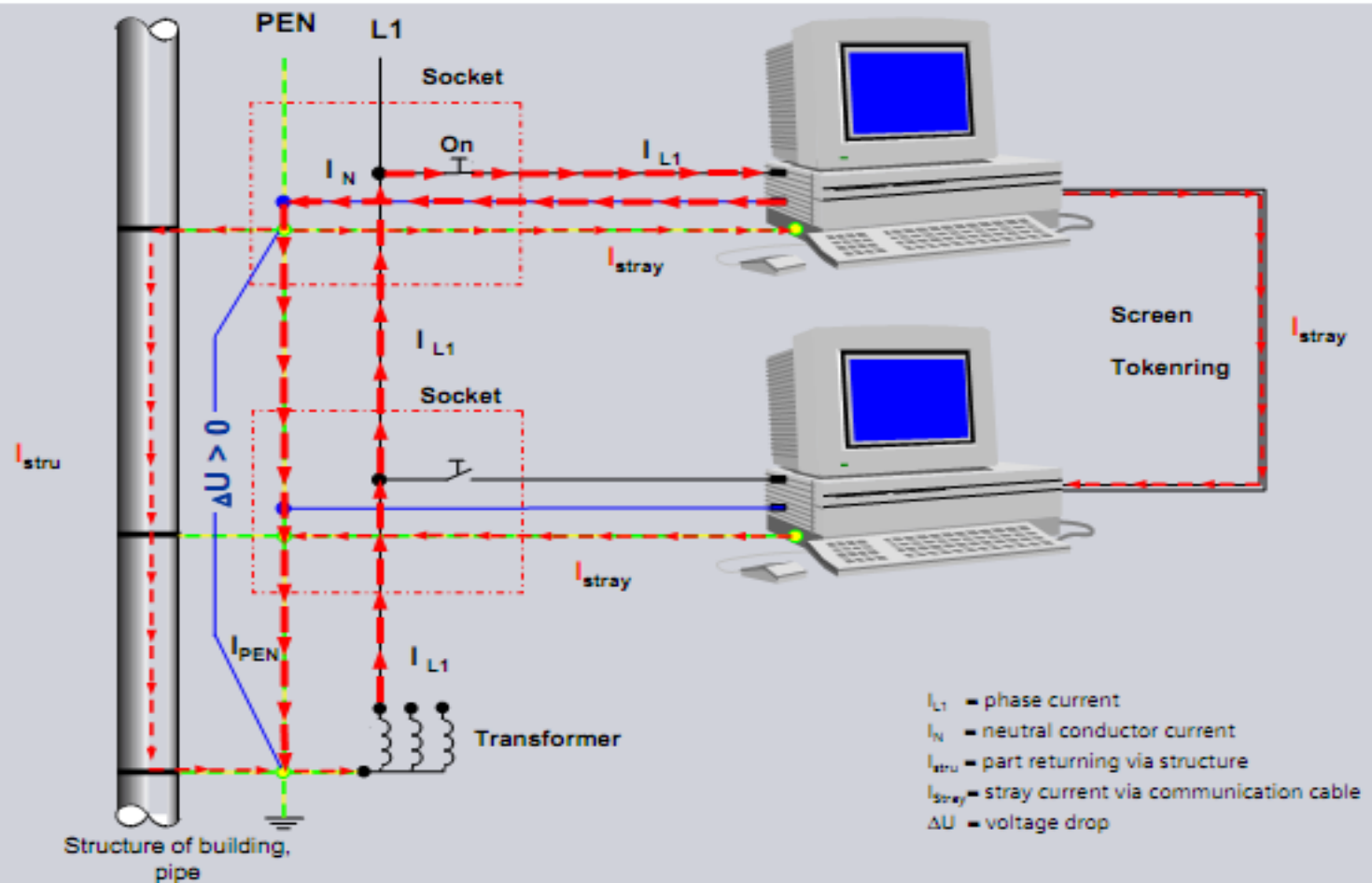
Types of system earthing according to IEC 60364-1 (2005-11) (IT System)



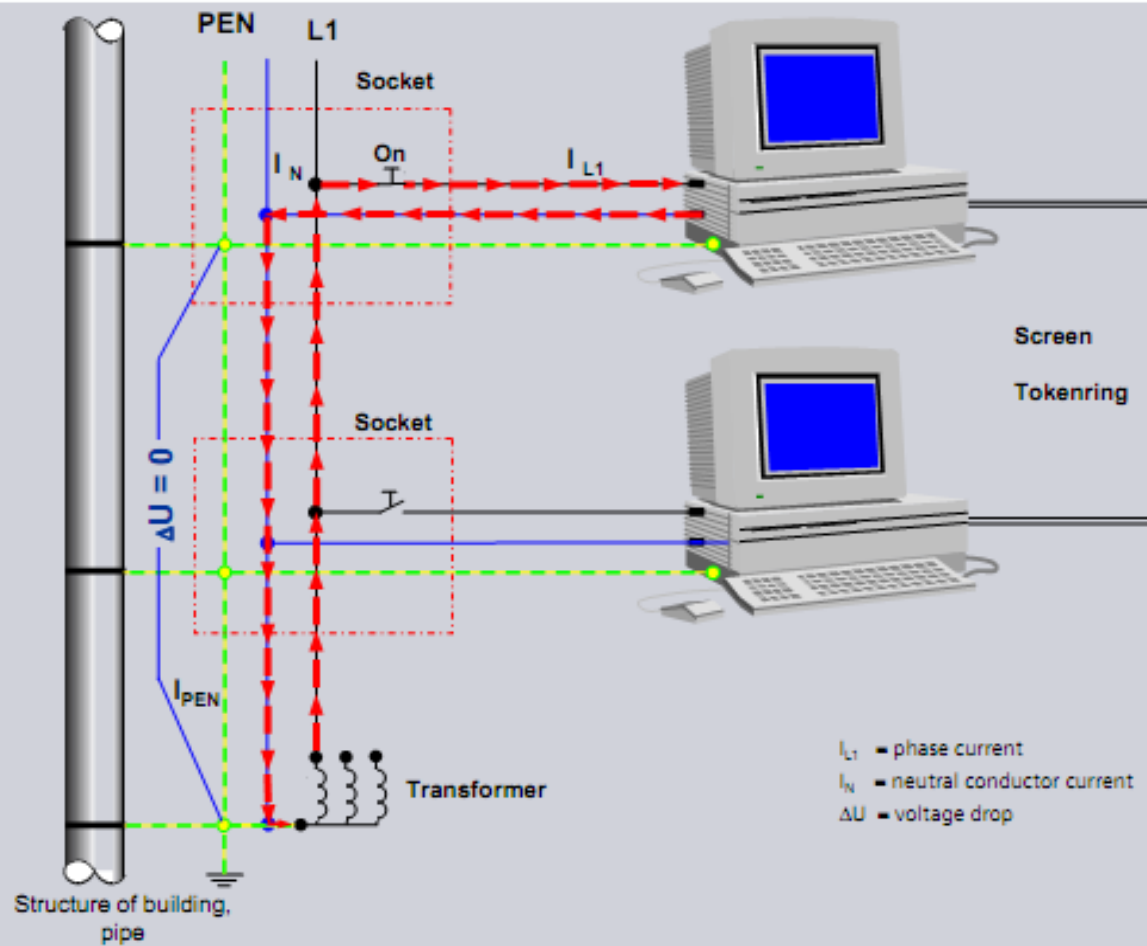
Low voltage supply by TN-C



Low voltage supply by TN-C



Low voltage supply by TN-S

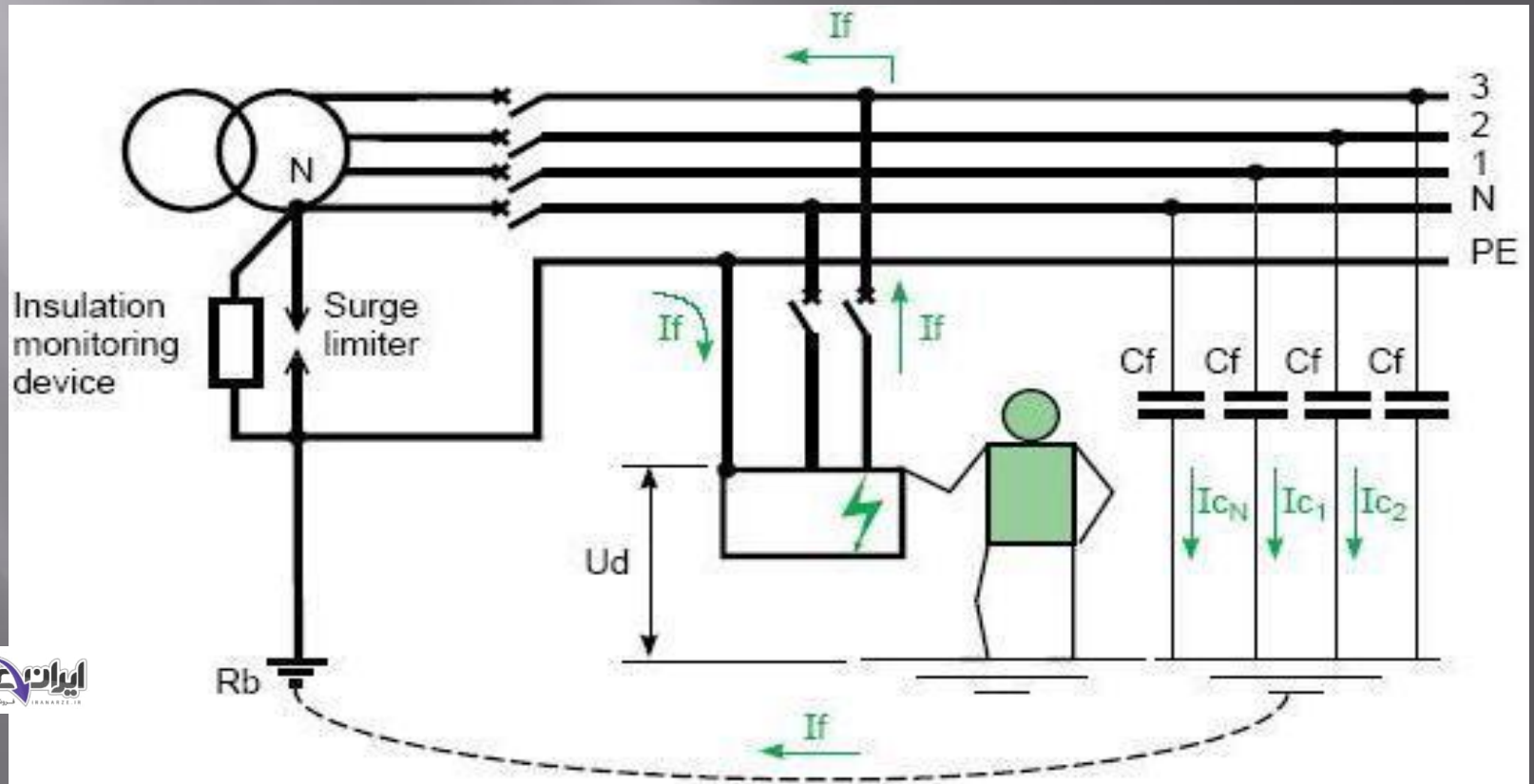


خصوصیات سیستم‌های مختلف ارت:

سیستم IT

در این سیستم در حالت عادی و سالم ولتاژ نقطه خنثا (نول) نسبت به زمین برابر صفر است و در این هنگام ولتاژهای موجود هیچ تنش اضافی را بر روی عایق بندی هادی خنثی و هادیهای فازها در سرتاسر سیستم، بوجود نخواهند آورد.

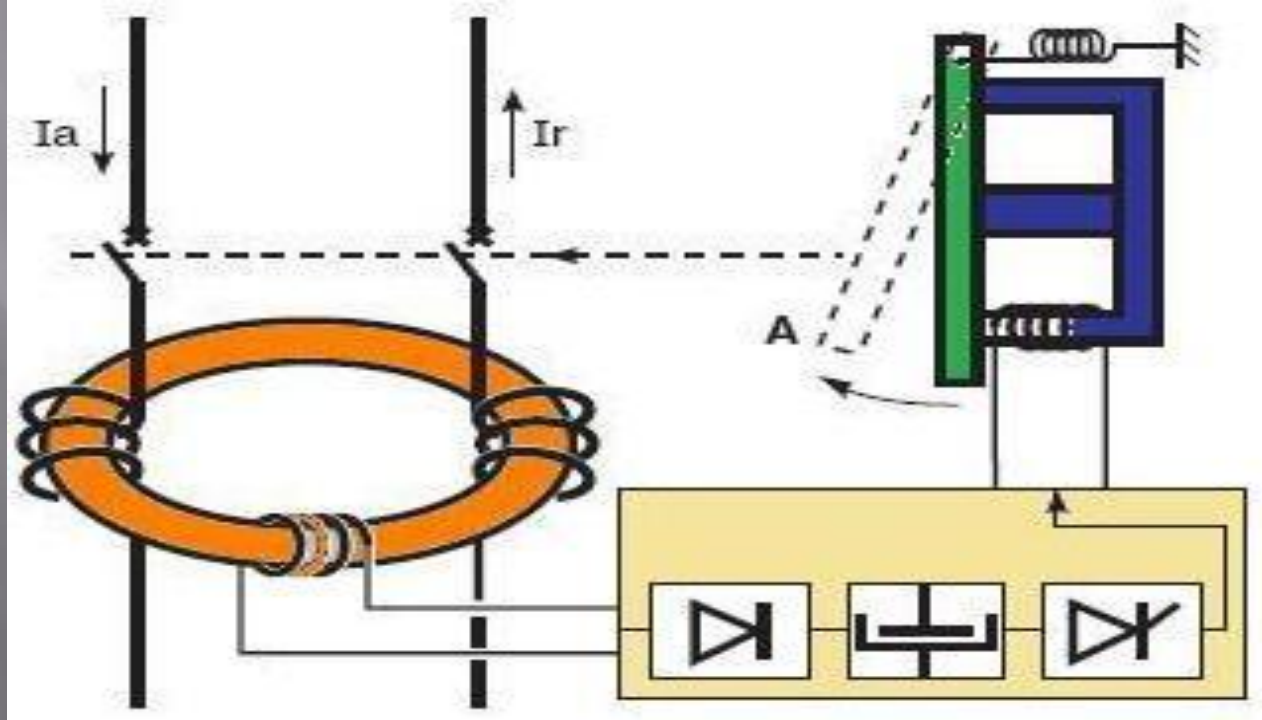
اما اگر به سبب سانحه ای در سیستم، یکی از فازها ($L3$) به زمین وصل شود، ولتاژ نول نسبت به زمین U_p صفر نبوده بلکه برابر U_p میشود



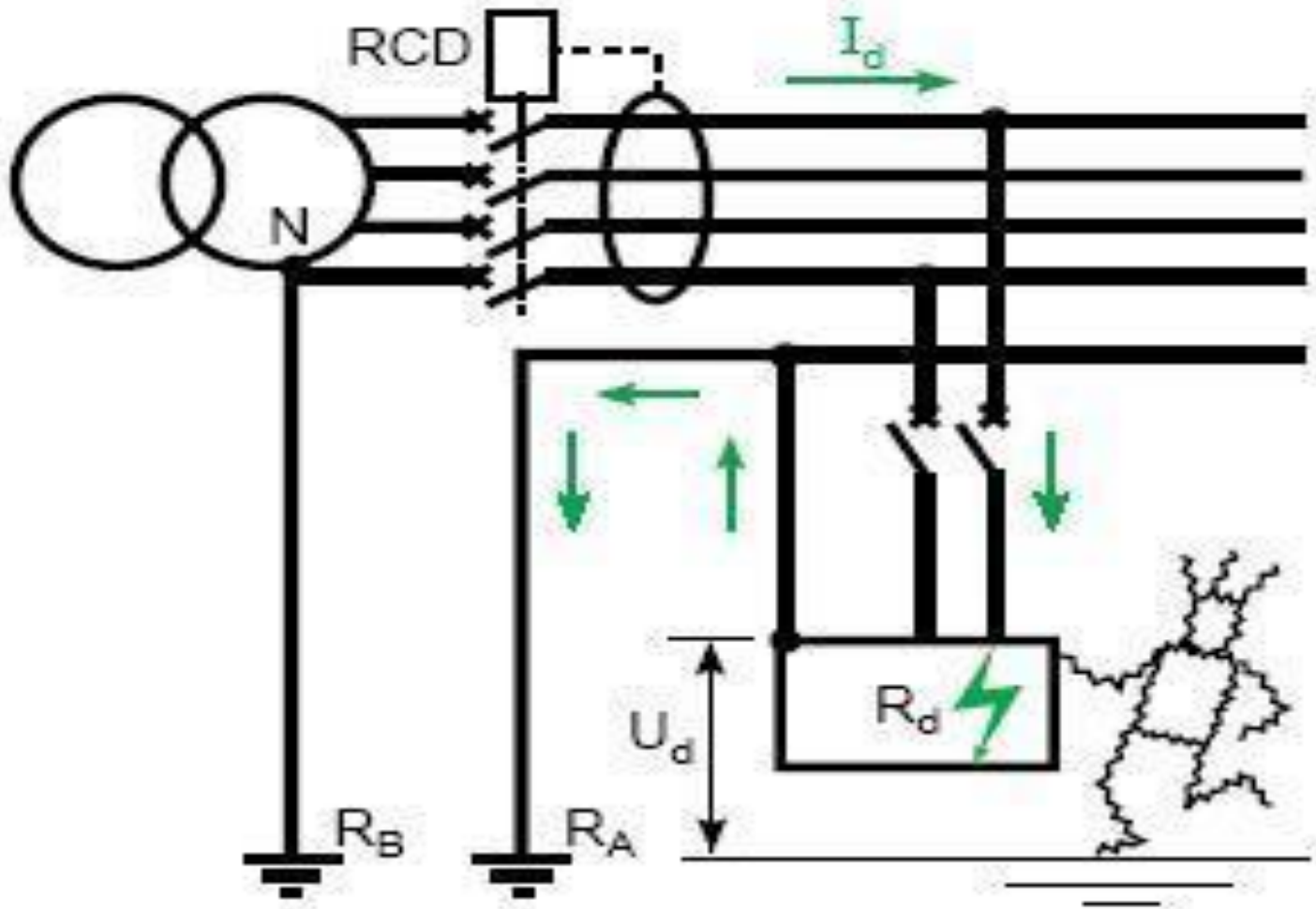
در سیستم **IT** پس از اولین اتصالی و در هنگامی که هنوز فرصت رفع عیب و ترمیم سیستم پیدا نشده است، اگر دومین اتصالی اتفاق بیفتد جریان اتصال کوتاه در اینحالت بالا رفته و شبیه سیستم **TN** خواهد شد در اینحالت ولتاژ تماس بین بدنه هادی که فازها به آن اتصال شده با زمین بالا خواهد رفت و خطرات زیادهای خواهد داشت.

سیستم **TT**

در سیستم های با اتصال مستقیم و مستقل بدنه ها به زمین، تامین مقاومت کم برای الکتروود متصل به زمین به منظور استفاده از فیوز یا کلید خودکار برای تامین ایمنی بسیار مشکل است راه حل استفاده از کلیدهای جریان تفاضلی یا **RCD** است



بنابر این در سیستم TT علاوه بر فیوز های خودکار یا معمولی
بایستی از کلید فیوزهای RCD نیز استفاده شود



g. 2 : insulation fault on a network operated in TT.

جدول زیر به طور خلاصه ویژگیهای هریک از این سیستم ها را جهت ویژگی مهم یعنی ایمنی قابلیت اطمینان نویز و اغتشاش در دسترس بودن و نیاز به تعمیرات کمتر مقایسه میکند

	TN-C	TN-S	TT	IT(1)	IT(2)	Observations
safety						
■ of persons	+	+	+	++	-	Uc # 0 on 1 st fault (IT)
■ fire	--	-	+	++	-	TN-C not recommended
■ explosions	--	-	+	++	-	TN-C strictly prohibited
availability- (further to 1 fault)	+	+	+	++	+	depends on discrimination of the SCPDs or RCDs (easier to implement)
maintenability	-	-	+	++	-	the IT authorises preventive and even predictive maintenance
reliability of the installation	-	+	++	++	+	advantage for small Ids (damage- electrodynamic forces)
disturbances						
■ radiation transmission EM	-	-	+	++	-	advantage for small Id
■ equipotentiality of PE	--	+	++	+	+	pay attention to harmonics in TN-C

(1) : 1st insulation fault.

(2) : 2nd fault.

		I_d	U_d
TN		$\frac{0.8 U_0 S_{ph}}{\rho (1+m) L}$	$\frac{0.8 U_0}{1+m}$
TT		$\frac{U_0}{R_a + R_b}$	$\frac{U_0 R_a}{R_a + R_b}$
IT	1st fault	$< 1 \text{ A}$	$\ll U_L$
	Double fault with neutral	$\leq \frac{1}{2} \frac{0.8 U_0 S_{ph}}{\rho (1+m) L}$	$\leq \frac{m}{2} \frac{0.8 U_0}{1+m}$
	Double fault between phases	$\leq \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{0.8 U_0 S_{ph}}{\rho (1+m) L}$	$\leq \frac{m \sqrt{3}}{2} \frac{0.8 U_0}{1+m}$

Remember that:

■ $\rho = 22 \cdot 10^{-6} \Omega/\text{mm}^2/\text{m}$ for Cu (36 for Al);

■ $m = \frac{S_{ph}}{S_{pe}}$

علامت " + " یعنی مناسب است و توصیه میشود و " - " یعنی مناسب نمیباشد و توصیه نمی شود. علامت " ++ " یعنی خیلی خوب و علامت " - - " یعنی خیلی بد.

با مرور جدول مزبور به سادگی میتوان پی برد که سیستم **TT** از تمامی جهات **سیستم کاملی** است و قطعاً در آینده نیز در اکثر کشورها از این سیستم استفاده خواهد شد. هر چند اجرای این سیستم از بقیه آنها گرانتر میباشد. از لحاظ میزان جریان اتصال کوتاه که پارامتر بسیار مهمی است نیز این سیستم ها قابل مقایسه هستند ضمن اینکه باید بدانیم هر چقدر این جریان کمتر باشد سیستم از لحاظ مسائل ایمنی و نویز و اغتشاش بهتر خواهد بود.

نوع سیستم	m	Ud(v)	وضعیت	نتیجه
TN	(۱) یعنی مقطع سیم فاز و ارت برابر است	۸۸	خطرناک	یعنی اگر سطح مقطع سیم فاز و
	(۲) یعنی مقطع سیم ارت نصف سیم فاز است	۶۰	مناسب	ارت مساوی باشند خطرناک است و بهتر است مقطع سیم فاز از سیم ارت بزرگتر باشد.
IT	اتصال یک فاز به زمین	ناچیز	بدون خطر	مقطع سیم ارت نسبت به فاز اثری ندارد
	اتصال دو فاز به زمین	۴۴ ولت	بدون خطر	یعنی اگر مقطع
	m هر چند باشد			
	m=1 m=2			

					سیم ارت یک چهارم سیم فاز و یا کمتر باشد آستانه خطر است	بدون خطر مرز خطر	۵۰ ولت ۶۵ ولت	m=4	
					در این نوع اتصالی مقطع سیم ارت اثری ندارد	خطرناک	۶۵ Ud	m هر چقدر باشد	اتصالی بین فازها
					یعنی بایستی مقاومت شبکه ارت احدثی در محل کمتر از مقاومت شبکه ارت نول باشد.	بدون خطر	کوچکتر از ۶۵ ولت	Ra«Rb	
خطرناک	۱۱۰ ولت	Rb=Ra							
خطرناک	بین ۱۱۰ و ۲۲۰ ولت	Ra»Rb							
				TT					

زمین کردن :

زمین کردن رابطه بین یک هادی و میل زمین است

این هادی ممکن است یک مدار الکتریکی باشد (زمین کردن الکتریکی)

و یا در حالت عادی هیچگونه ارتباطی با مدار الکتریکی نداشته باشد

(زمین کردن حفاظتی)

مقاومت مخصوص زمین :

مقاومت یک متر مکعب زمین به ابعاد $1m \times 1m \times 1m$ میباشد و

واحد آن Ωm و بستگی به مواد تشکیل دهنده زمین دارد.

محدوده مقاومت مخصوص چند نوع خاک در جدول زیر آمده است:

نوع خاک مقاومت مخصوص زمین (اهم متر)

باغچه‌ای

۵ الی ۵۰

رسی

۸ الی ۵۰

مخلوط رسی ، ماسه‌ای و شنی

۲۵ الی ۴۰

شن و ماسه

۶۰ الی ۱۰۰

سنگلاخی و سنگی

۲۰۰ الی ۱۰۰۰۰

مقاومت کل سیستم زمین :

مقاومت بین ترمینال اصلی زمین و جرم کلی زمین است.

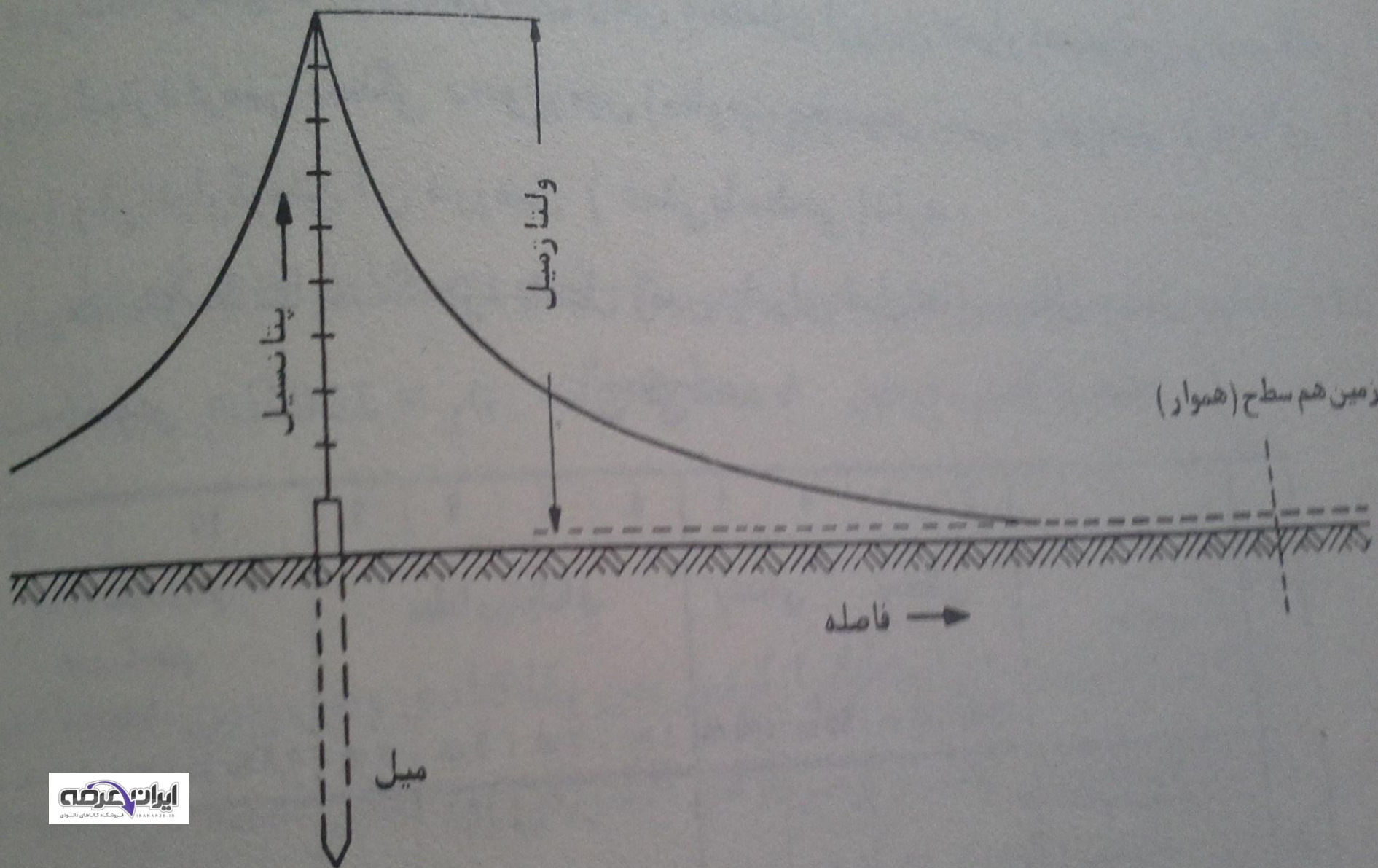
اختلاف سطح میل زمین :

ولتاژی است که هنگام عبور جریان از سیستم زمین بین میل و زمین هموار بوجود می آید.

اختلاف سطح زمین :

ولتاژ بین هر نقطه از زمین ، بین زمین هم سطح و میل زمین است.

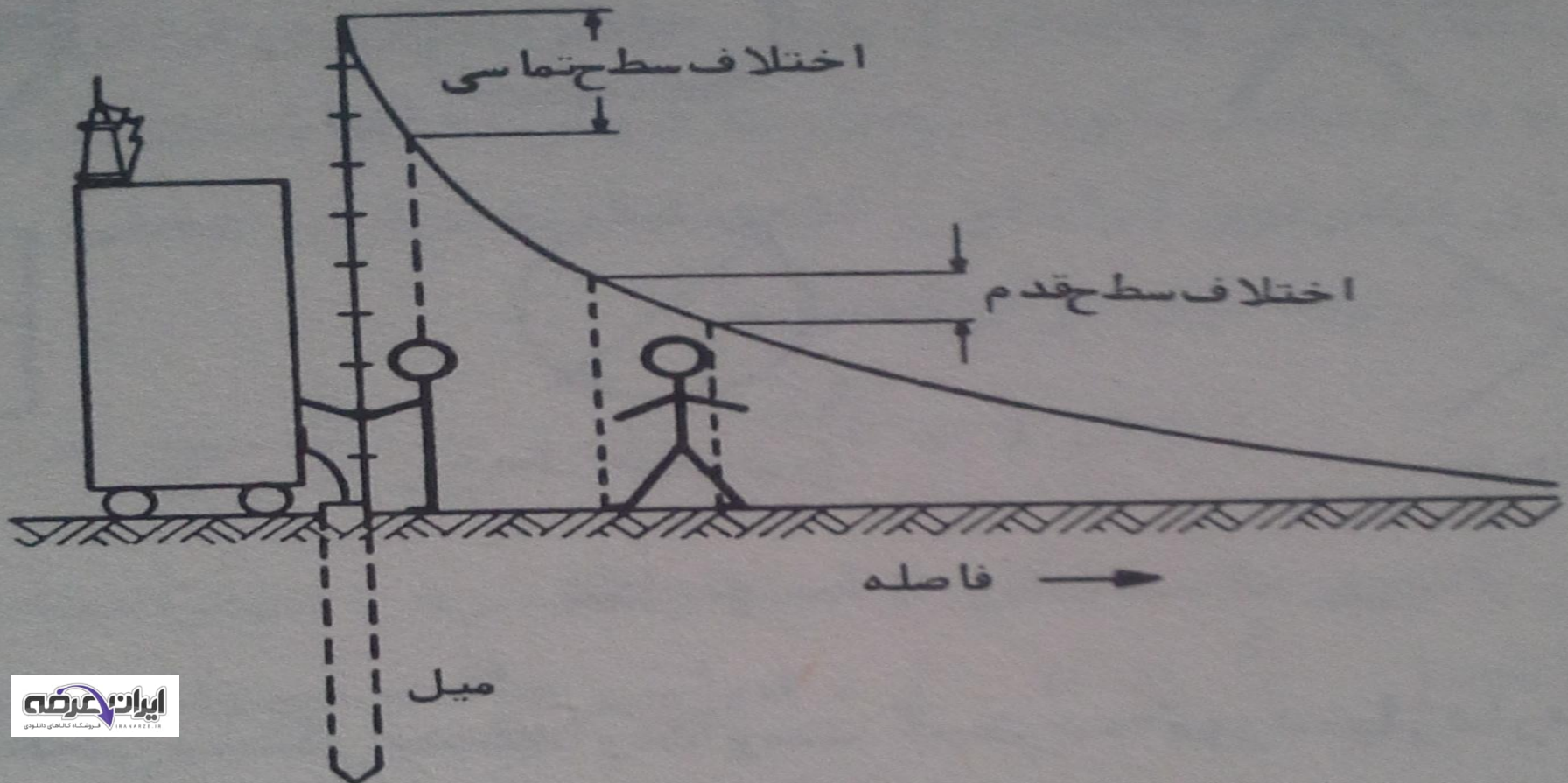
اختلاف سطح زمین



ولتاژ تماس:

قسمتی از ولتاژ میل یا دستگاه که در اثر تماس انسان ، میان دو دست یا یک دست و پا ایجاد و موجب عبور جریات از بدن می شود.

ولتاژ گام: قسمتی از ولتاژ سطح زمین است که توسط دو پا برداشت و موجب عبور جریان از بدن می شود.



برای محاسبه مقاومت سیستم زمین **ساده** (خطی) از رابطه زیر استفاده می شود:

$$R = \frac{\rho}{\pi * l} * \ln \frac{2l}{d}$$

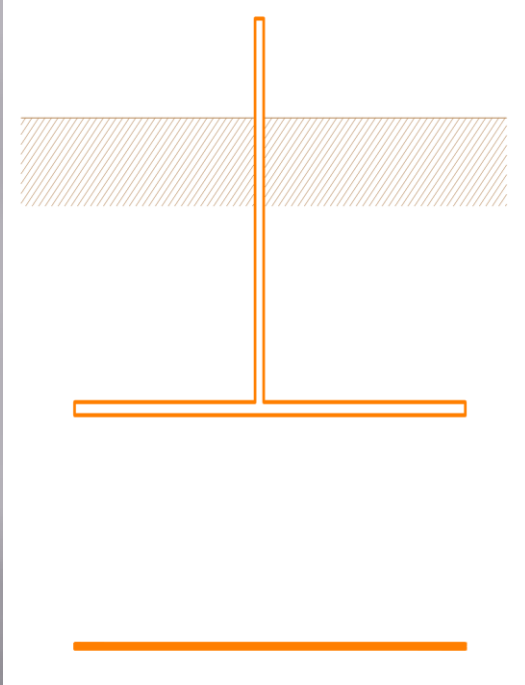
در این رابطه :

R مقاومت سیستم زمین بر حسب اهم

l طول میله به متر

d قطر میله به متر

اگر از هادی **تسمه ای** به پهنای **b** استفاده شود در رابطه فوق $d = \frac{b}{2}$



مثال:

یک سیستم زمین با میل سطحی تسمه ای (ساده) به طول ۱۲۰ متر و پهنای ۴ سانتیمتر در عمق یک متری زمین قرار گرفته است در صورتیکه مقاومت مخصوص زمین ۱۰۰ اهم متر باشد مقاومت سیستم زمین را محاسبه نمایید:

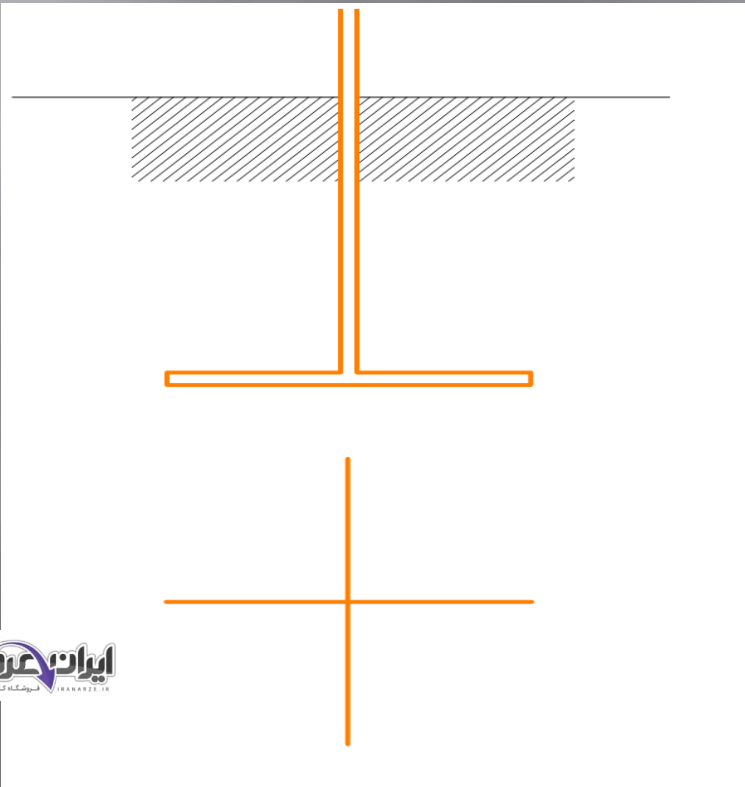
$$d = \frac{b}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ cm} = 0.02 \text{ m}$$

$$R = \frac{\rho}{\pi * l} \ln \frac{2l}{d} = \frac{100}{3.14 * 120} \ln \frac{2 * 120}{0.02} = 2.5 \text{ اهم}$$

مقاومت زمین با میل **اشعه ای** از رابطه زیر بدست می آید:

$$R = \frac{\rho}{4\pi l} \left(\ln \frac{4l}{d} + 1.75 \right)$$

در این حالت تعداد اشعه ها نباید از ۶ عدد بیشتر باشد یعنی زاویه بین اشعه ها از ۶۰ درجه کمتر نباشد.



محاسبه الکتروود سطحی ساده یا با طرح های ۱ تا ۴ پره :

$$R = \frac{\rho}{P\pi L} \left[\ln \left(\frac{2L^2}{wh} \right) + Q \right]$$

L طول پره الکتروود

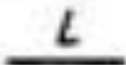
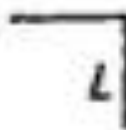
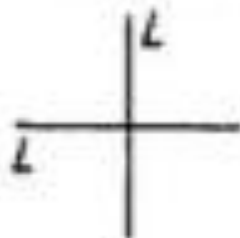
h عمق دفن الکتروود به متر

w پهنای هادی تسمه ای یا قطر هادی دایره ای به متر

P و Q بسته به نوع الکتروود و اینکه سیم یا تسمه است از جدول زیر بدست

می آید

Table 5 — Coefficients for strip or round conductor electrodes

Electrode arrangement		Coefficient		
		P	Q	
			Strip	Round
Single length ^{a)}		2	-1	-1.3
Two lengths at 90°		4	0.5	0.9
Three lengths at 120°		6	1.8	2.2
Four lengths at 90°		8	3.6	4.1

اگر برای سیستم زمین از هادی **پنجره ای (شبکه ای)** استفاده می شود
 به شرط اینکه عرض توری حداقل نصف طول آن باشد ($b \geq \frac{l}{2}$)
 مقاومت **سیستم ارت** از رابطه زیر بدست میآید :

$$R = \frac{\rho}{2D} * K$$

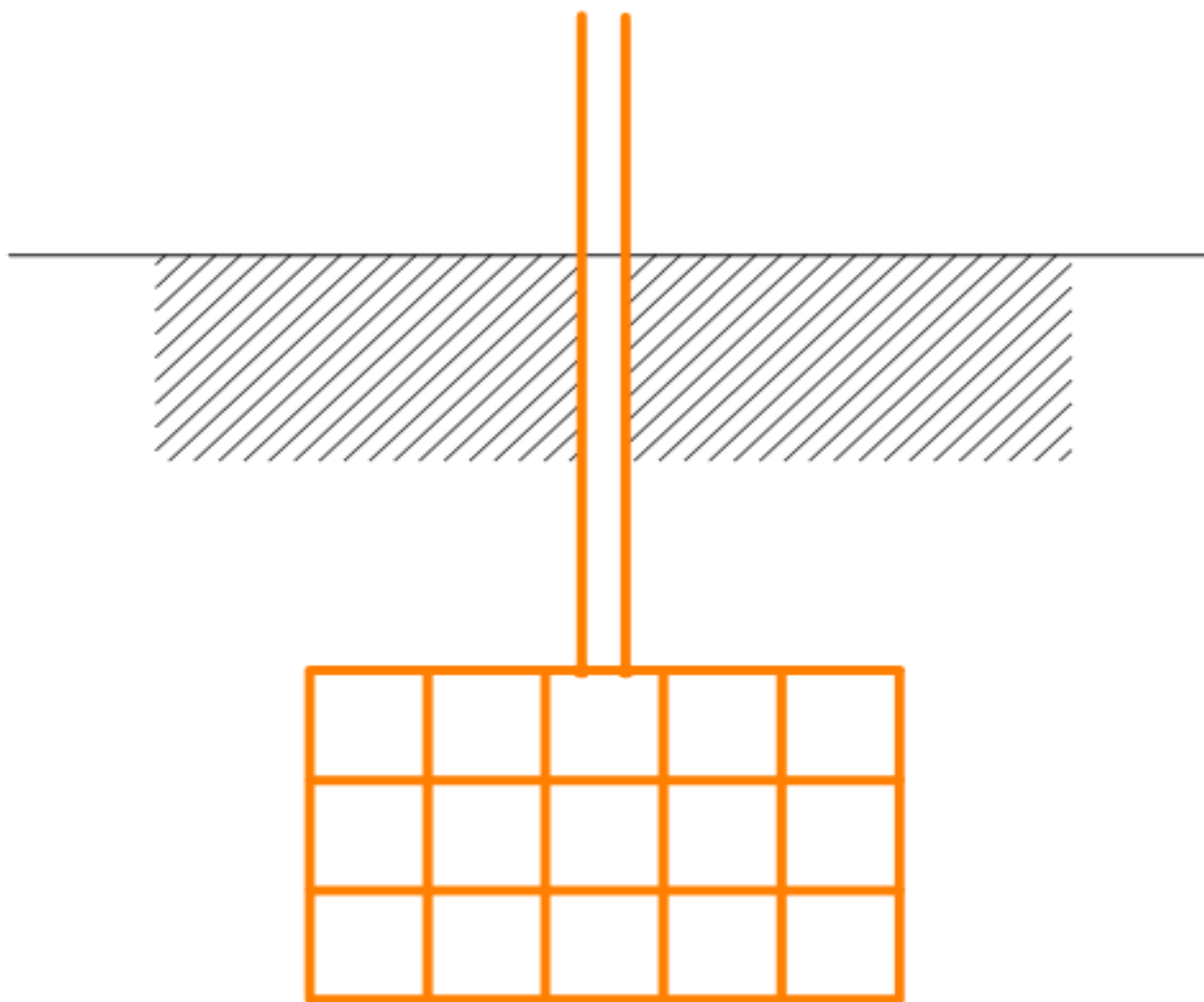
$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \text{ [m]}$$

$$A = b * l$$

در این رابطه A مساحت توری و l طول و b عرض آن می باشد
 ضریب K در رابطه با اندازه خانه های توری برابر است با:
 (a طول یک ضلع هر کدام از خانه های توری است)

$$a \leq \frac{1}{10} l \rightarrow k=1.3$$

$$a \leq \frac{1}{20} l \rightarrow k=1.2$$



مثال:

یک سیستم زمین از نوع پنجره ای به طول ۶۰ متر و عرض ۴۰ احداث شده است در صورتیکه مقاومت مخصوص زمین ۱۰۰ اهم متر باشد مقاومت سیستم زمین را محاسبه نمایید ($a=5m$) :

$$A=b*l=60*40=2400m^2$$

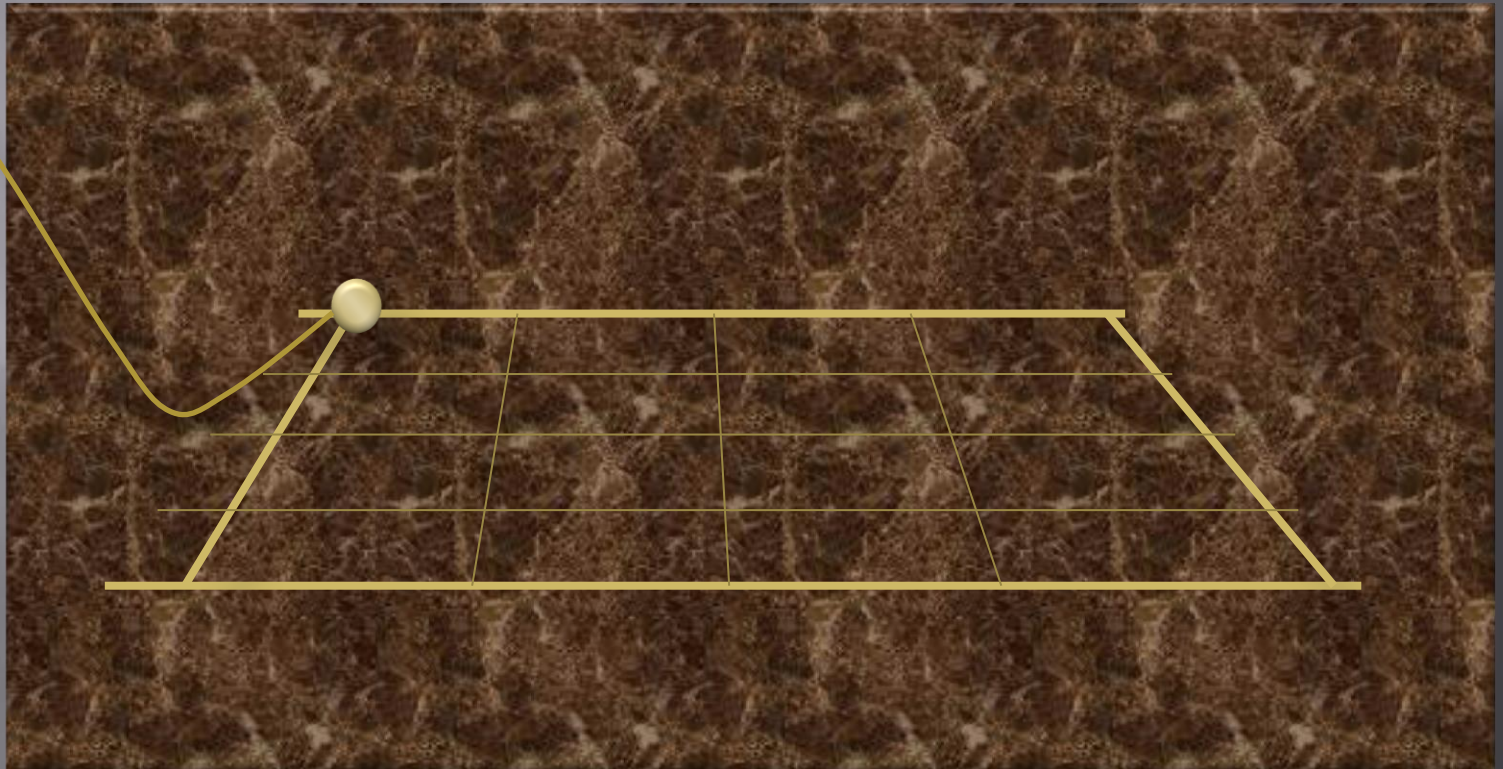
$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 2400}{3.14}} = 55.28 \text{ m}$$

$$a = 5 \rightarrow K = 1.3$$

$$R = \frac{\rho}{2D} * K = \frac{100}{2 * 55.28} * 1.3 = 1.18 \text{ اهم}$$

➤ این الکتروود ها معمولاً از جنس مس غیر قلع اندود و یا مغزی فولاد با روکش مس اتمایز با حداقل سطح مقطع 50 میلی متر مربع تولید می گردند.

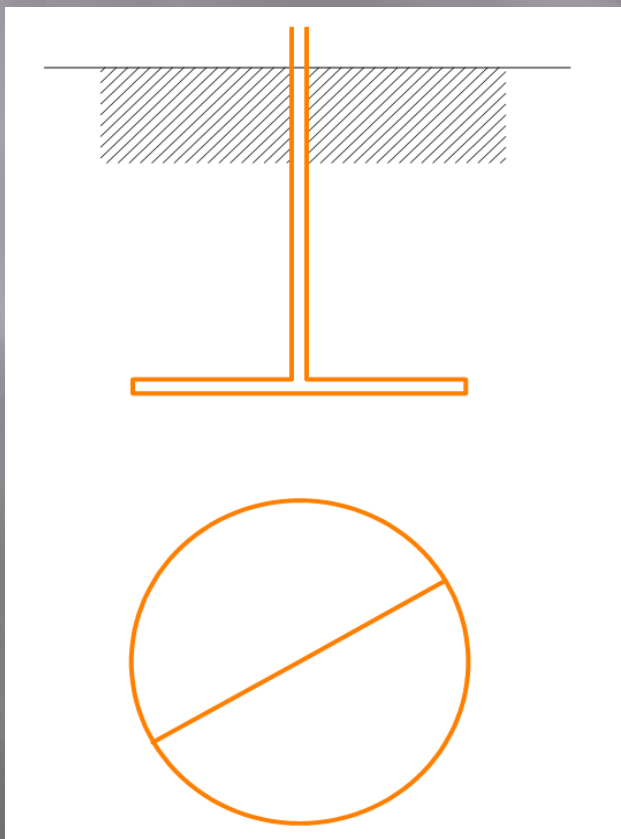
و باید در عمق نیم متری تا یک متری سطح زمین پایین تر از سطح انجماد قرار بگیرند.

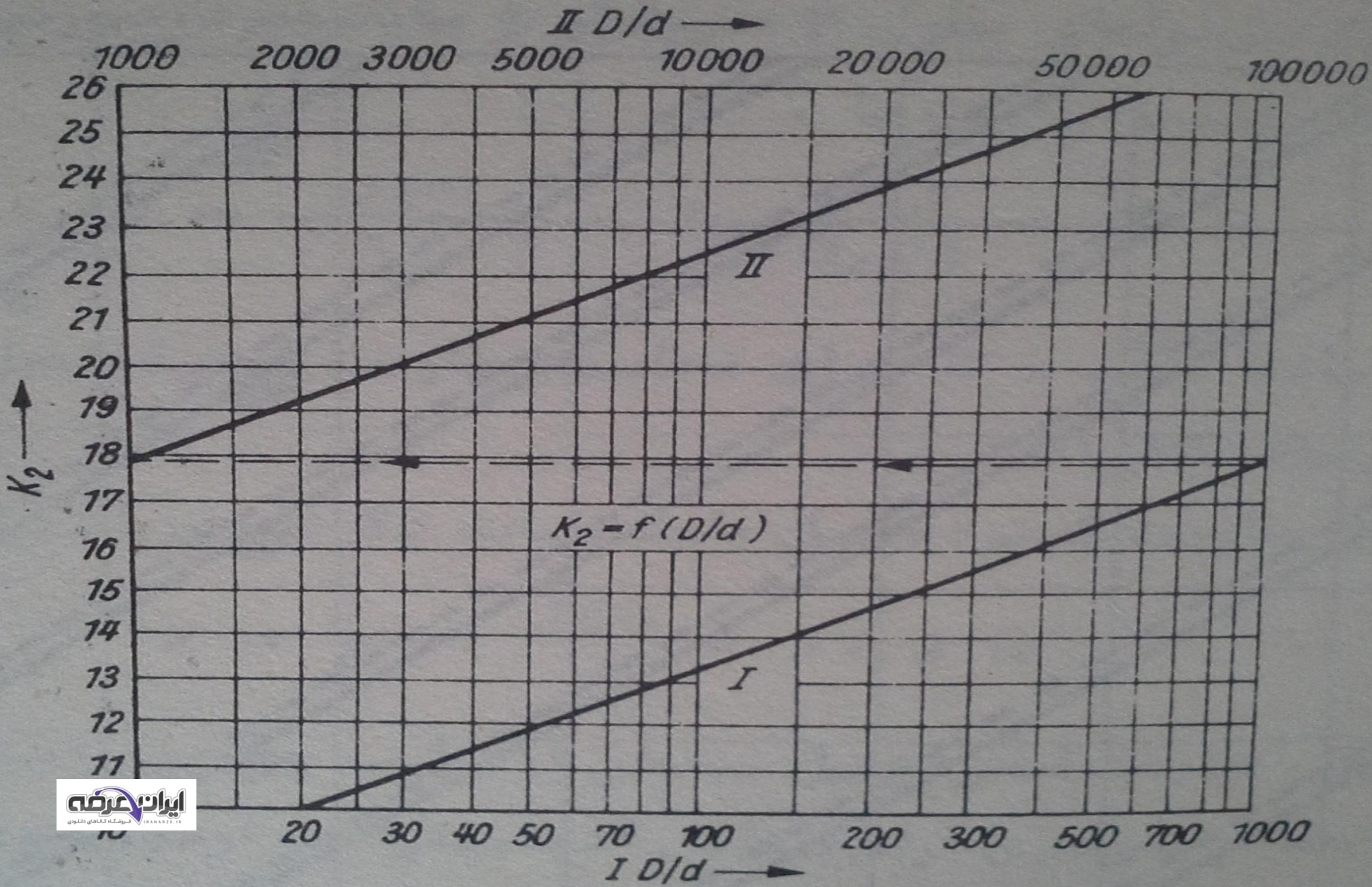


برای محاسبه مقاومت سیستم زمین با هادی **کمربندی** از رابطه زیر استفاده می شود.

$$R = \frac{\rho}{2\pi^2 * D} * K^2$$

در این رابطه ضریب K^2 متناسب با نسبت $\frac{D}{d}$ از روی دیاگرام زیر بدست می آید.





مثال:

یک سیستم زمین با میل کمربندی به قطر ۲۰ متر و و پهنای ۴ سانتی متر احداث شده است در صورتیکه مقاومت مخصوص زمین ۱۰۰ اهم متر باشد مقاومت سیستم زمین را محاسبه نمایید:

$$R = \frac{\rho}{2\pi^2 * D} * K2 \quad ; \quad \frac{D}{d} = \frac{20}{0.02} = 1000 \rightarrow K2=18 \text{ منحنی}$$

$$R = \frac{100}{2\pi^2 * 20} * 18 = 4.56 \text{ اهم}$$

محاسبه هادی عمقی :

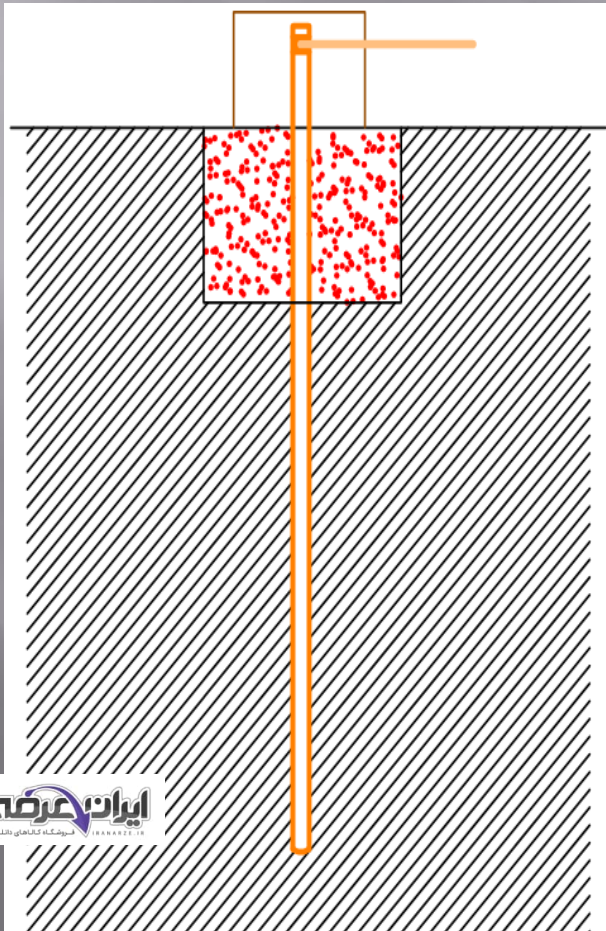
هادی میله ای :

هادی میله ای ، یک میله ،لوله واست که بطور عمودی در زمین کوبیده می شود و طول آن بستگی به مقاومت مورد نیاز دارد مقاومت زمین این سیستم از رابطه زیر بدست می آید :

$$R = \frac{\rho}{2\pi h} \ln \frac{4h}{d}$$

h طول میله به متر

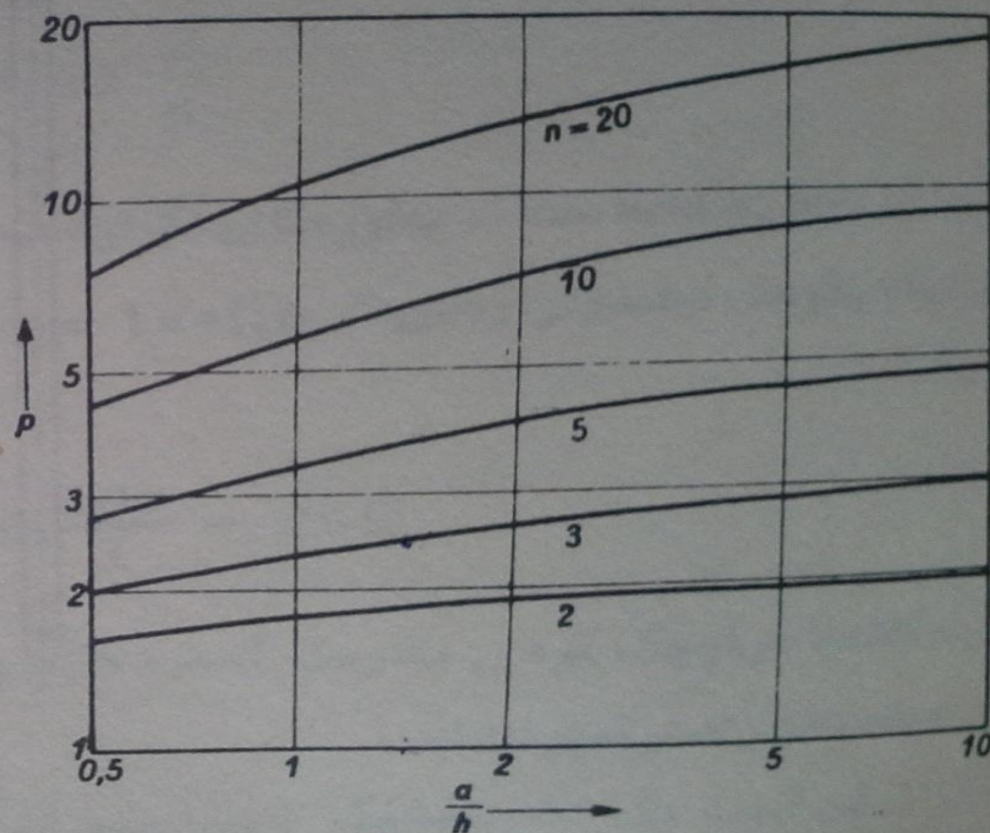
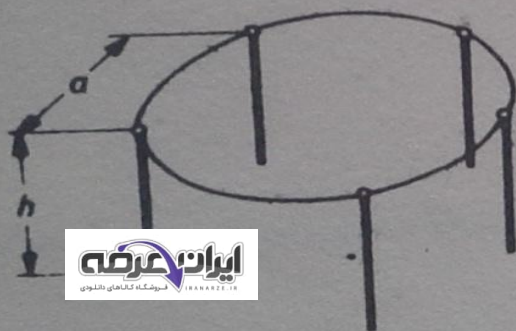
d قطر لوله یا میله بر حسب متری باشد



برای **کوچک** کردن مقاومت سیستم زمین می توان از ترکیب چند میل بطور موازی استفاده کرد البته در این صورت بایستی فاصله میل ها حداقل دو برابر طول موثر هادی میله ای باشد.

مقاومت معادل سیستم زمین را به کمک شکل زیر و با استفاده از

رابطه $R_t = \frac{R}{p}$ بدست می آید.



مثال:

یک سیستم زمین با هادی میله ای به طول ۳ متر و قطر ۶ سانتی متر احداث شده است در صورتیکه مقاومت مخصوص زمین ۲۰ اهم متر باشد مقاومت سیستم زمین را محاسبه نمایید:

اگر برای کوچک کردن مقاومت از ۳ میل که در فاصله ۴ متری از یکدیگر احداث شده استفاده شود مقاومت مغادل چقدر است:

$$R = \frac{\rho}{2\pi h} \ln \frac{4h}{d} = \frac{20}{2 * 3.14 * 3} \ln \frac{4 * 3}{0.06} = 5.62 \text{ اهم}$$

$$\frac{a}{h} = \frac{4}{3} = 1.33 \rightarrow \text{متحنی} \rightarrow p = 2.5$$

$$R_{\text{مغادل}} = \frac{R}{p} = \frac{5.62}{2.5} = 2.25 \text{ اهم}$$

محاسبه مقاومت الکتروود با یک فیل :

D قطر مواد پر کننده کمکی به متر

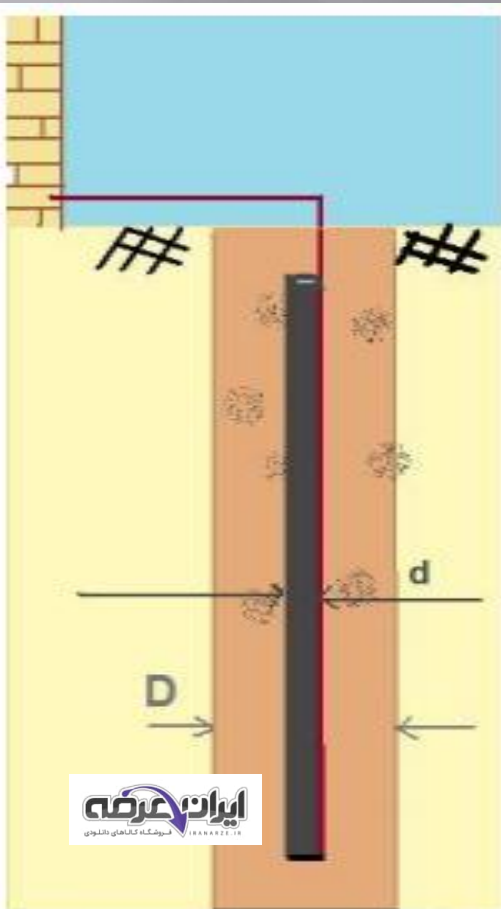
L طول پره الکتروود

$$R = \frac{1}{2\pi L} [(\rho - \rho_c) \left(\ln \frac{8L}{D} - 1 \right) + \rho_c \left(\ln \frac{8L}{d} - 1 \right)]$$

ρ_c ضریب مقاومت مخصوص یک فیل اطراف الکتروود

ρ ضریب مقاومت مخصوص

d قطر الکتروود به متر

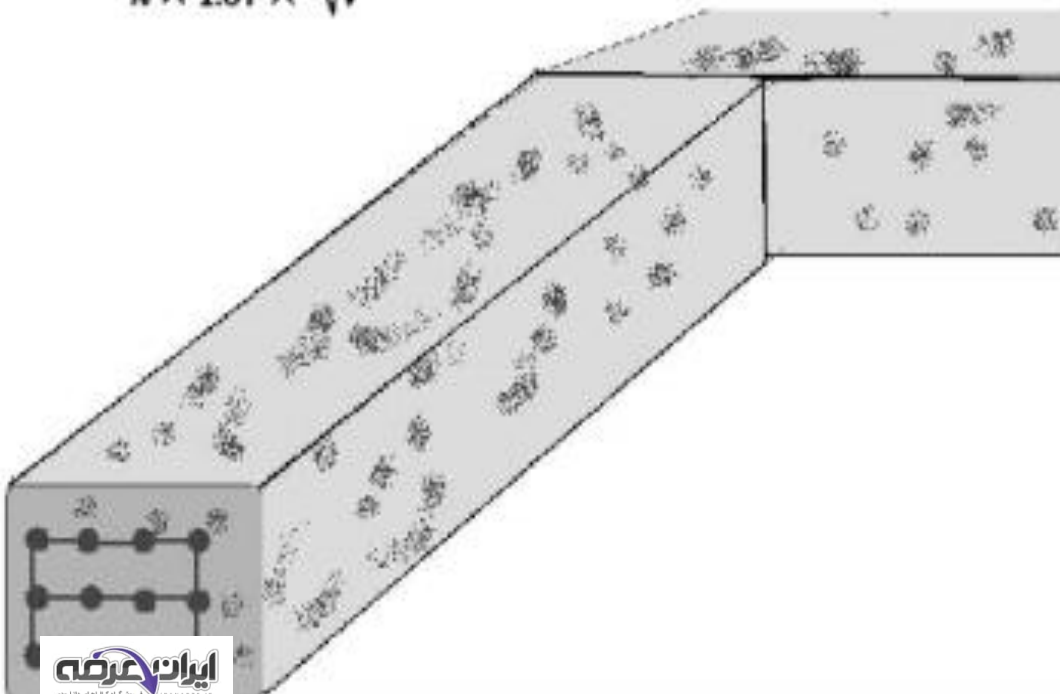


محاسبه مقاومت زمین میلگردهای داخل بتون:

V حجم بتن به متر مکعب

ρ ضریب مقاومت مخصوص

$$R = \frac{\rho}{\pi \times 1.57 \times \sqrt[3]{V}}$$

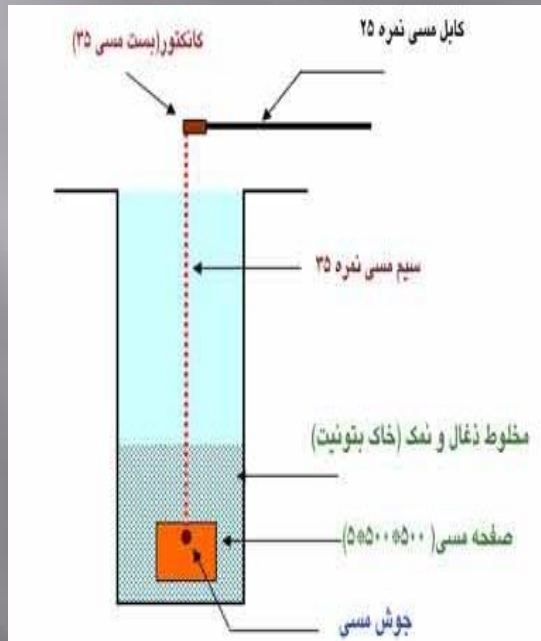


جهت این هادی ها از آهن روی اندود ،مس و یا فولاد با روکش مس استفاده و به صورت عمودی در چاه قرار داده می شود
اندازه آن 1m*1m ویا 0.5m*0.5 m است. که از رابطه زیر

مقاومت سیستم زمین آن بدست می آید :

$$R = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{2A}}$$

در این رابطه **A** مساحت صفحه است.



نمای کلی سیستم اتصال زمین

مثال:

یک سیستم زمین با هادی صفحه ای به عرض **0.5** متر و ضخامت **5** سانتی متر احداث شده است در صورتیکه مقاومت مخصوص زمین **20** اهم متر باشد مقاومت سیستم زمین را محاسبه نمایید:

$$R = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{2A}} = \frac{20}{4} \sqrt{\frac{3.14}{2 * 0.25}} = 12.5 \text{ اهم}$$

تعیین مقاومت مخصوص زمین:

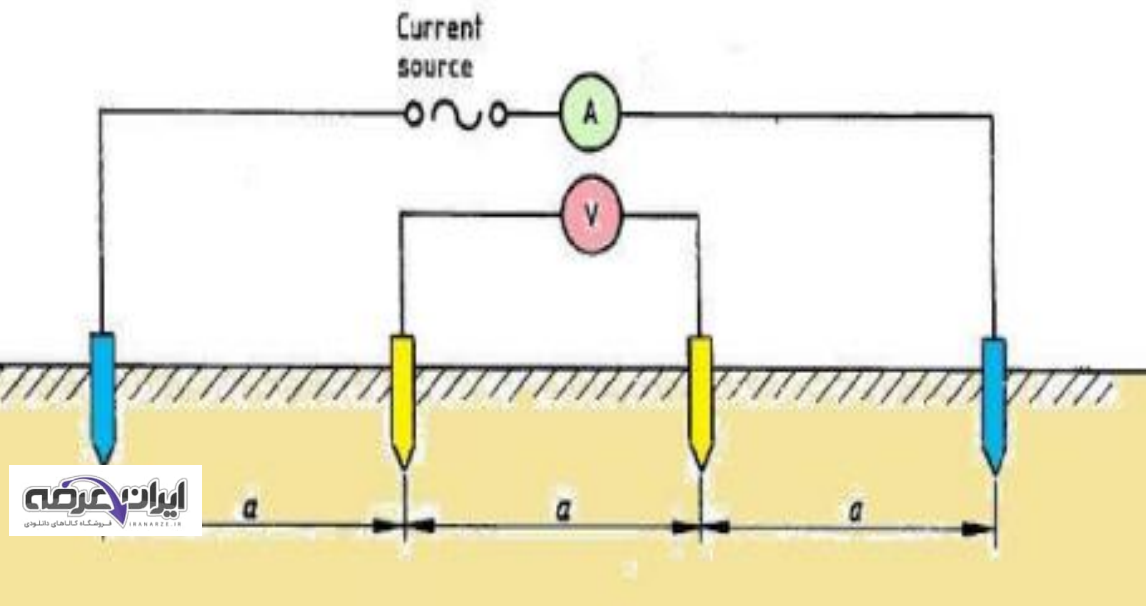
روش اول

برای تعیین مقاومت مخصوص زمین می توان با کوبیدن یک هادی میله ای در زمین و اندازه گیری مقاومت سیستم زمین بدست آمده به وسیله ارت سنج و قرار دادن آن در رابطه زیر مقومت مخصوص زمین (ρ) را بدست آورد:

$$\rho = R \frac{2\pi l}{\ln \left(\frac{4l}{d} \right)}$$

روش دوم:

در این روش چهار گود با عمق b و با فاصله a از یکدیگر در یک راستا حفر می کنیم قطر گود باید کمتر از 0.1 فاصله بین بین آنها باشد در هر گود الکتروود کوچکی نصب و به هر الکتروود یک سیم عایق دار وصل می کنیم به دو الکتروود بیرونی منبع تغذیه و دو الکتروود داخلی ولت متر نصب می کنیم



و از معادله زیر ρ خاک را محاسبه می نماییم :

ابتدا از ولت‌متر و آمپر‌متر ولتاژ و جریان را بدست آورده و مقدار R را محاسبه مینماییم و سپس از رابطه دوم مقدار مقاومت مخصوص خاک را بدست می آوریم :

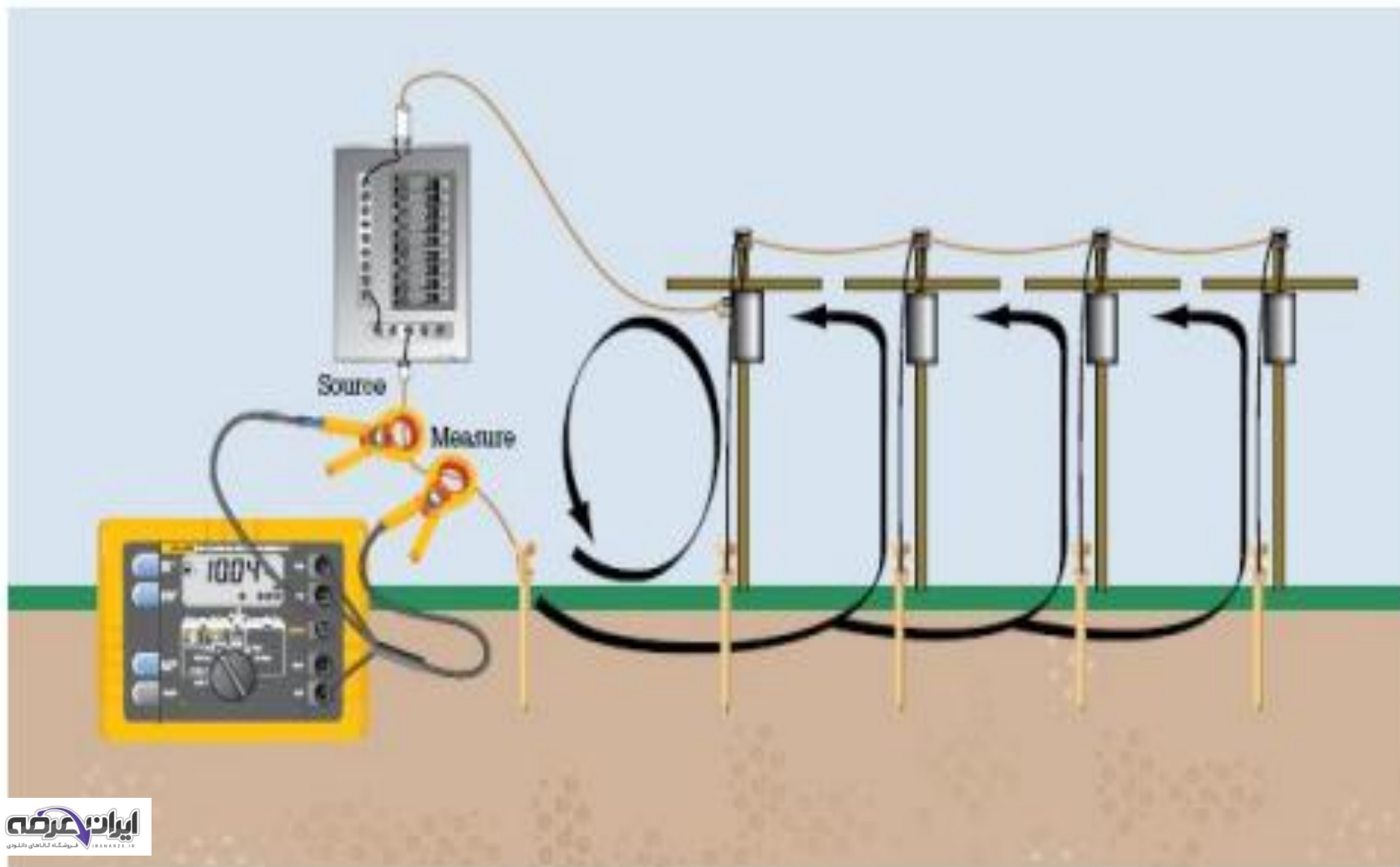
$$R = \frac{V}{I}$$

$$\rho = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

اندازه گیری مقاومت ارت بوسیله ارت تستر کلمپی:



این روش برای اندازه گیری یک سیستم ارت متشکل از چند چاه امکان پذیر است.



روشهای اجرای ارت یا زمین حفاظتی :

بطور کلی جهت اجرای ارت و سیستم حفاظتی دو روش کلی وجود دارد که ذیلاً ضمن بیان آنها ، موارد استفاده و تجهیزات مورد نیاز هر روش و نحوه اجرای هر یک بیان می گردد .

۱- زمین عمقی :

در این روش که یک روش معمول می باشد از چاه برای اجرای ارت استفاده می شود.

اجرای ارت به روش عمقی :

الف - انتخاب محل چاه ارت :

چاه ارت را باید در جاهایی که پایین ترین سطح را داشته و احتمال دسترسی به رطوبت حتی الامکان در عمق کمتری وجود داشته باشد و یا در نقاطی که بیشتر در معرض رطوبت و آب قرار دارند مانند زمینهای چمن ، باغچه ها و فضاهاى سبز حفر نمود.

ب- عمق چاه

با توجه به مقاومت مخصوص زمین ، عمق چاه از حداقل ۴ متر تا ۸ متر و قطر آن حدودا ۸۰ سانتیمتر می تواند باشد. در زمین هایی که با توجه به نوع خاک دارای مقاومت مخصوص کمتری هستند مانند خاکهای کشاورزی و رسی عمق مورد نیاز برای حفاری کمتر بوده و در زمینهای شنی و سنگلاخی که دارای مقاومت مخصوص بالاتری هستند نیاز به حفر چاه با عمق بیشتر می باشد . برای اندازه گیری مقاومت مخصوص خاک از دستگاههای خاص استفاده می گردد.

ساختمان و جنس الکترودهای قائم

جنس الکترودهای قائم:

ساختمان و جنس الکترودهایی که با روش کوبیدن نصب می شوند:

- الکترودهای میله ای از مس سخت

- الکترودهای میله ای با هسته فولاد و روکش مس عجین شده با هسته

فولادی (مشابه Copperweld)

- الکترودهای میله ای از فولاد ضد زنگ

- الکترودهای میله ای از فولاد گالوانیزه

- الکترودهای لوله ای از چدن

قطر الکترودهای کوبیده شده حدود، ۱۵ یا ۱۶ میلیمتر است.

طول الکترودهای استاندارد ممکن است 1.2 تا ۱،۵ متر باشد.

اغلب الکترودها از نوع قابل امتداد میباشند. به این معنا که با استفاده از وسیله ای

شبه بوشن ، قطعات استاندارد را می توان طولانی تر کرد.

کوبیدن الکترودها در زمین را می توان به دو نوع انجام داد:

- وارد آوردن ضربه های شدید به تعداد کم که به صورت زیر انجام می شود:

- کوبیدن با پتک معمولی

- وارد آوردن ضربه های خفیف به تعداد زیاد با پتک برقی یا بنزینی

از الکترودهای دفن شده به صورت قائم استفاده می شود. جز در موارد الکترودهای صفحه ای سنتی، در سایر موارد عمق دفن این الکترودها معمولاً از ۳ متر بیشتر نیست.

ساختمان و جنس الکترودهایی که با روش دفن نصب می شوند:

- الکترودهای لوله ای از فولاد گالوانیزه گرم (لوله آب)

- الکترودهای لوله ای از مس سخت (لوله مسی)

- الکترودهای لوله ای از چدن

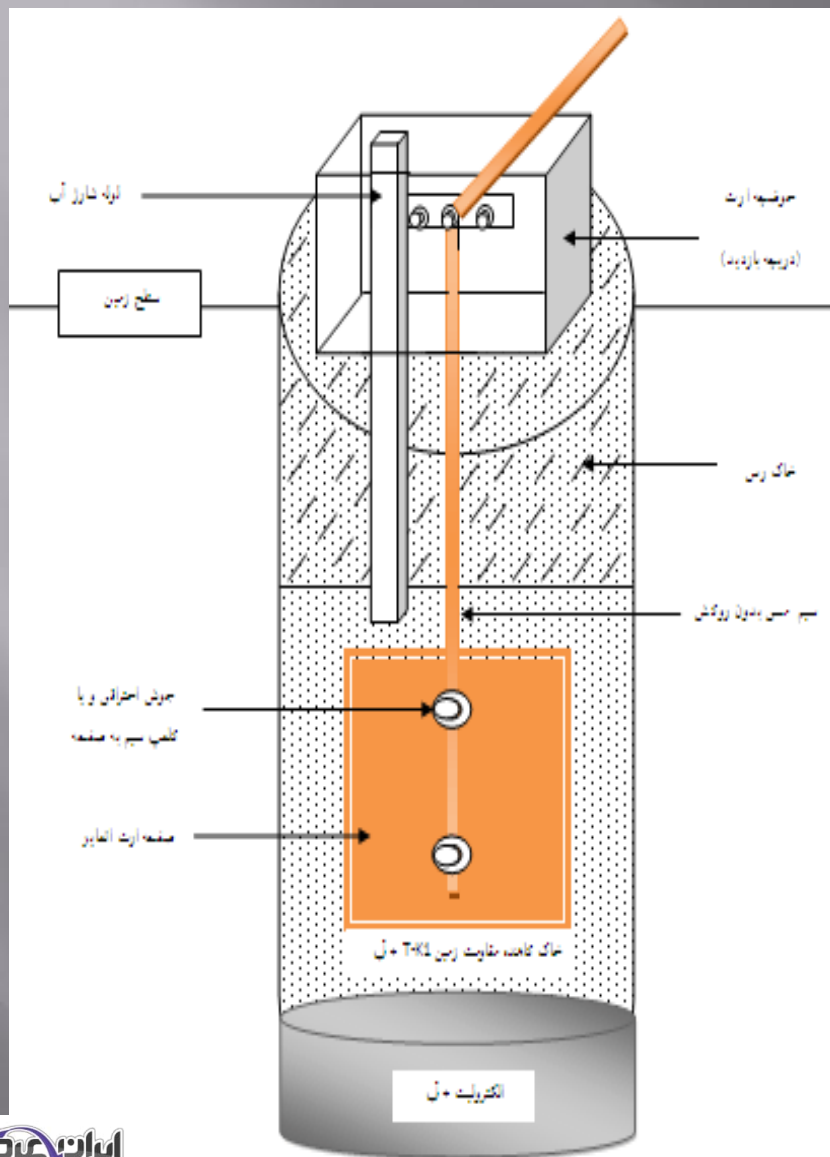
آماده سازی الکترودها با روش سنتی:

نمک - ذغال - خاک رس

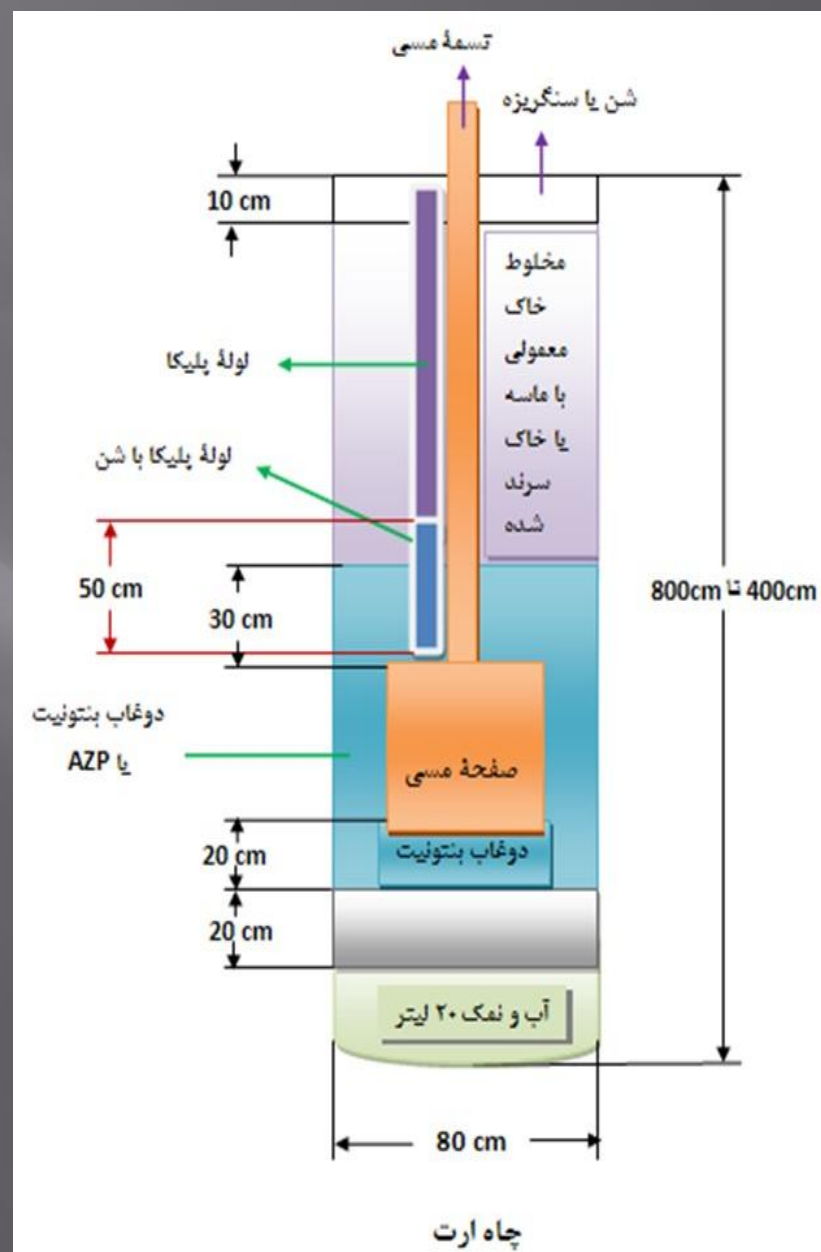
۱ - ۰،۵ - ۱۰

آماده سازی الکترودها با بتنویت:

بتنویت بهترین ماده برای آماده سازی خاک است. نظر به اینکه ماده میکروسکوپی (جاذب رطوبت) می باشد، رطوبت اطراف را به خود جذب خواهد کرد. ولی درنواحی بسیار خشک احتیاج به آبیاری متناوب خواهد داشت.



نقشه اجرایی سیستم زمین به روش عمیق (چاه ارت)



۲- زمین سطحی:

در این روش سیستم ارت در سطح زمین (برای مناطقی که امکان حفاری عمیق در آنها وجود ندارد) و در عمق حدود ۸۰ سانتیمتر اجرا می گردد.

شرایط استفاده از روش سطحی برای اجرای ارت :

- فضای لازم و امکان حفاری در اطراف سایت وجود داشته باشد .
- ارتفاع از سطح دریا پائین باشد مانند شهرهای شمالی و جنوبی کشور .
- پستی و بلندی محوطه سایت کم باشد .
- با توجه به مزایای روش سطحی اجرای ارت به این روش جهت سایت ها ارجحیت دارد .

ساختمان و جنس الکترودهای افقی و عمق دفن آنها

ساختمان و جنس الکتروده

- الکترودهای تسمه ای از مس

- الکترودهای تسمه ای از آهن گالوانیزه گرم

- الکترودهای سیم مسی

حداقل سطح مقطع تسمه مسی نباید از 50 میلیمتر مربع و ضخامت آن هم از 2 میلیمتر کمتر باشد. بنابراین حداقل تسمه ای که می تواند مورد استفاده قرار گیرد 25×2 میلیمتر است.

حداقل سطح مقطع تسمه فولادی گالوانیزه گرم نباید از 100 میلیمتر مربع و ضخامت آن هم از 3 میلیمتر کمتر باشد. بنابراین حداقل ابعاد تسمه استاندارد که برای این منظور مورد استفاده قرار می گیرد 30×3.5 میلیمتر است که سطح مقطعی برابر 105 میلیمتر مربع را تامین می کند.

انتخاب و نصب هادی زمین

هادی زمین آن قسمت از سیستم زمین است که الکتروود زمین را به ترمینال اصلی زمین وصل می کند. محل اتصال هادی زمین به الکتروود، معمولاً در زیر زمین و محل ترمینال اصلی، بیشتر در داخل ساختمان و در دسترس قرار دارد.

تأثیر نوع خاک در خوردگی الکتروود

- عوامل زیر در خوردگی الکتروود بوسیله خاک دخالت دارند:
- خواص شیمیایی خاک، مخصوصاً از نظر اسیدی بودن و محتوای نمکهای آن
 - وجود باکتریهای غیر هوازی در خاک

اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین و مقاومت مخصوص خاک و اندازه گیری مقاومت الکتروود که پس از پایان احداث الکتروود انجام می شود پیش بینی نقطه ای برای جداسازی با هدف اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین

قبل از ورود هادی اتصال زمین به ساختمان یا هر سازه دیگر، باید نقطه ای پیش بینی شود تا در آن بتوان بصورت موقت هادی زمین را از سایر تاسیسات جدا کرده و اقدام به اندازه گیری مقاومت الکتروود زمین نمود

واکنش فلز الکتروود و هادی اتصال به زمین با انواع خاک (خوردگی شیمیایی)

جنس الکتروود و هادی اتصال به زمین آن باید از نوعی انتخاب شود که تا حد امکان نوع خاک کمتر سبب خوردگی الکتروودها شود

از آلومینیوم لخت یا آلومینیوم دارای پوشش مس نباید در تماس با زمین چه بعنوان الکتروود و چه بعنوان هادی زمین استفاده کرد

اجرای ارت در ارتفاعات:

ارتفاعات کشور را با توجه به نوع زمین و خاک میتوان به سه دسته تقسیم کرد.

۱- **ارتفاعات خاکی:** که امکان حفاری و کوبیدن میله مغز فولادی در آنها وجود دارد. در این حالت به یکی از روش های حفر چاه یا کوبیدن ROD میتوان سیستم ارت را اجرا نمود.

۲- **ارتفاعات سنگلاخی:** که امکان حفاری عمیق در آنها وجود ندارد ولی میتوان شیار ایجاد کرد. در این حالت شیارهایی بصورت ستاره و پنجه ای ایجاد نموده و تسمه مسی را در داخل شیارها خوابانده و برای کاهش مقاومت روی تسمه را با مخلوط خاک و بنتونیت می پوشانیم

۳- **ارتفاعات صخره ای:**

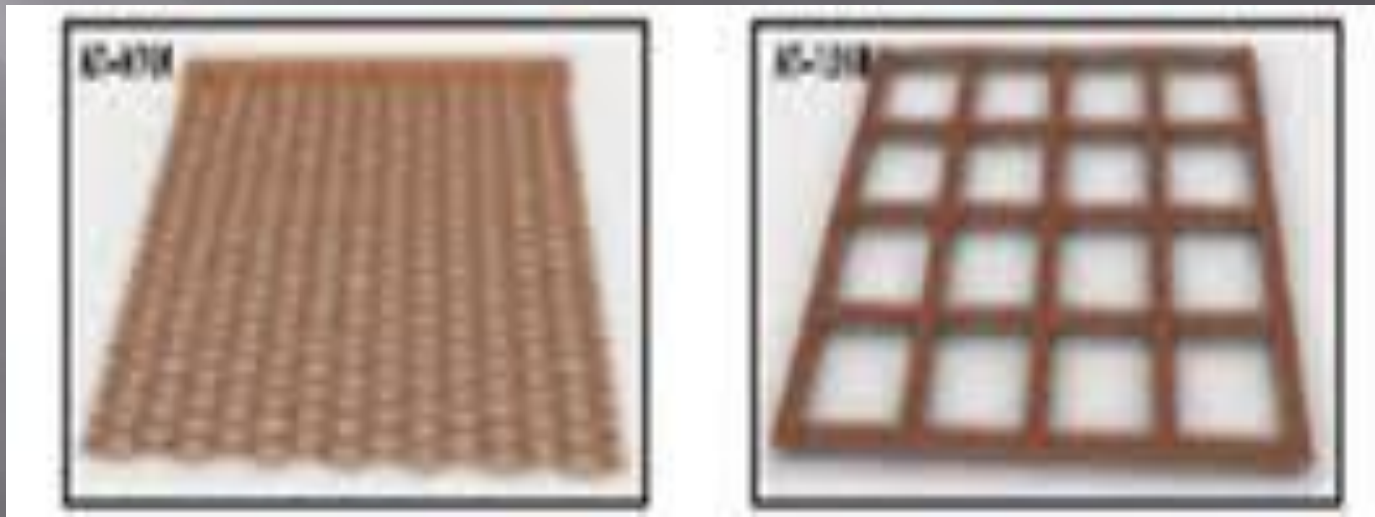
روش اول

در زمینهای صخره ای که امکان حفاری وجود ندارد با مصالح ساختمانی کانال ساخته، تسمه مسی را در کف کانال خوابانده و کانال را با بنتونیت پر می نمائیم. طول کانال یا کانالها باید به اندازه ای باشد که مقاومت اندازگی شده زیر ۲ اهم گردد. برای گرفتن نتیجه مطلوب میبایستی داخل کانال بصورت مصنوعی دائماً مرطوب نگهداشته شود.

روش دوم:

روش شبکه ای است بدین صورت که ابتدا شبکه شطرنجی با سیم مسی به طول $X+3$ و عرض $Y+3$ بطوریکه نقاط اتصال به هم جوش داده شده درست کرده و انشعابهای لازم جهت دکل و سایت و نقاط دیگر برای آن در نظر گرفته میشود. آنگاه زمین را با بنتونیت به ارتفاع 20 cm پوشانده و شبکه ساخته شده را روی آن قرار داده و روی شبکه را هم تا 20 cm با بنتونیت می پوشانیم . متغیر های X و Y به میزان مقاومت خوانده شده بستگی دارد.

نکته : کلیه اتصالات در زیر خاک باید به یکدیگر جوش داده شود .



- 1- کلیه اتصالات با مفتول برنج یا نقره جوشکاری گردد. سطح جوش باید 6 cm باشد و جهت اتصالات و جوشکاری رعایت گردد.
- 2- از هر پایه دکل‌های خود ایستا هم فونداسیون دکل توسط سیم مسی و بست مخصوص به سیستم ارت و هم پای دکل به سیستم ارت جوشکاری گردد.
- 3- سیم میله برقگیر از پایه ای که آنتنهای کمتری نصب می شود و با کابل‌های روی لدر حداکثر فاصله را داشته باشد، بدون خمش در مسیر و مستقیماً به رینگ داخل کانال و از کوتاهترین مسیر توسط جوش متصل گردد.
- 4- میله برقگیر روی دکل در بالاترین نقطه دکل (با رعایت مخروط حفاظتی با زاویه 45 درجه) بطوریکه تجهیزات را کاملاً پوشش دهد، قرار گیرد و جنس آن تمام مس با آلیاژ استاندارد به قطر 16 mm و طول آن بستگی به ارتفاع نصب آنتنهای روی دکل دارد.

- 5- شعاع خم سیم مسی حداقل 20 cm و زاویه قوس حداقل 60 درجه رعایت گردد (رعایت زاویه خمش سیم مسی)
- 6- پایه‌ها و نقاط ابتدا و انتهای لدر افقی به سیستم گراند متصل گردد.
- 7- کلیه کابل‌های ورودی به سالن دستگاه توسط بست گراند به بدنه دکل و ابتدای لدر افقی (بعد از محل خم شدن کابل) گراند شوند.
- 8- به هیچ عنوان در روی دکل ، جوشکاری صورت نگیرد.
- 9- اتصال از شبکه گراند سیستم اجرا شده به تانکر سوخت دیزل ژنراتور، تانکر آب هوایی ، اسکلت فلزی ساختمان و در و پنجره های اتاق دستگاه صورت گیرد.
- 10- اگر سیستمی از قبل اجرا شده باشد، سیستم قدیم به جدید در عمق خاک متصل گردند.

۱۱- سیم ارت درروی زمین باید باروکش و سیم داخل کانالها باید بدون روکش و مستقیم کشیده شود.

۱۲- پرکردن کانال باید با خاک سرند شده کشاورزی یا خاک نرم انجام گردد.

۱۳- ارتفاع نصب شینه مسی **50 cm** از کف تمام شده باشد.

۱۴- شینه داخل اتاق حدالمقدور به چیدمان دستگاهها نزدیک باشد.

۱۵- ازهر دستگاهی جداگانه سیم ارتی به شینه متصل گردد (قطر و طول شینه گراند بستگی به تعداد انشعابات آن دارد).

۱۶- در دکلهای مهاری پر ظرفیت ، مهارهای دکل بایستی توسط بست مخصوص به گراند اتصال یابد.

۱۷- جهت استفاده ترانس برق شهر در ایستگاههای مخابرات بایستی گراند جداگانه اجرا گردد.

۱۸- در سایتهای کامپوتری جهت اجرای سیستم زمین حتی المقدور بایستی از یک زمین با سطح یکنواخت (بدون شیب) استفاده نمود.

۱۹- در ایستگاهها بین نول و گراند نبایستی اختلاف ولتاژ وجود داشته باشد.

۲۰- در دکلهای پر ظرفیت که ابعاد قسمت بالای دکل بیشتر از 2 m می باشد نیاز به نصب یک عدد برقگیر اضافی در سمت مقابل برقگیر اول می باشد.

۲۱- در سیم کشی داخل محوطه سایت های کامپوتری برای چراغهای روشنایی و سایر موارد باید از کابل زمینی استفاده گردد و در ایستگاههای بالای کوه و نقاط دور از شهر نباید از چراغهای روشنایی خیابانی استفاده شود.

۲۲- استاندارد قابل قبول آزمایش و تحویل اتصال زمین برای سایتهای کوچک زیر ۱۰ اهم و برای سایت های بزرگ و مهم زیر ۳ اهم می باشد.

