رویکردهای نوین در
سیستم زمین و صاعقه گیر

گردآوری و ارائه : محمد حائری

شرکت مهندسی ایرانیان

شرکت مهندسی ایرانیان Iranian Engineering Co.

۱- سیستم زمین

- مبانی
- انواع
- حال زمین خوب نیست؟!
- کفران نعمت
- ما برای وصل کردن آمدیم

تعریف سیستم زمین

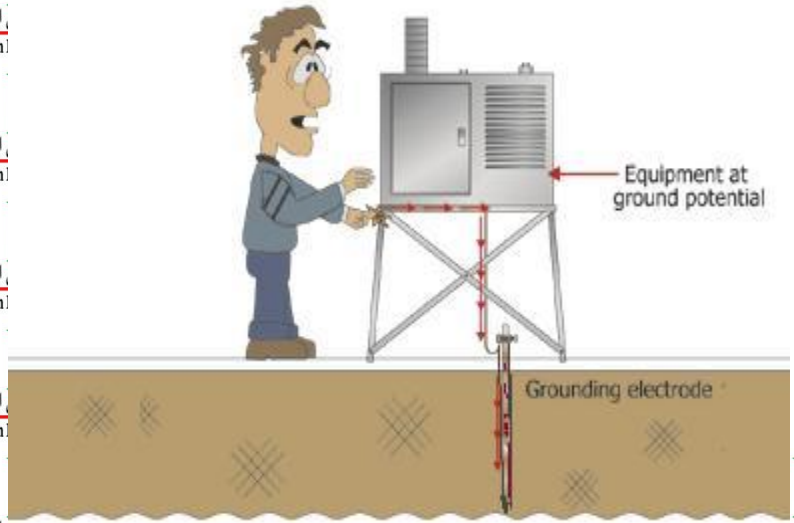
سیستم زمین یا گراندینگ GROUNDING یا ارتینگ EARTHING عبارت است از اتصال الکتریکی (با سیم) بخش فلزی تجهیزاتی که:

Connection to ground of all non-current carrying metallic parts of a power system that may come into accident contact with circuit phase and neutral conductors

۱. با برق کار می کنند و بدنه فلزی دارند

۲. با برق کار نمی کنند ولی بدنه فلزی و هادی دارند

۳. حتی در بعضی موارد و در کاربردهای خاص با برق کار نمیکنند و بدنه فلزی هم ندارند و عایق هستند



هدف از سیستم زمین

۱. تامین حفاظت جانی انسانها

۲. عملکرد مناسب دستگاهها

۳. کنترل نویز

سیستم زمین مناسب و غیر نویزی آن است که در حالت عادی و بدون خطا و اتصالی هیچگونه جریانی از رایزرها میله ارت ،شیلد و غیره عبور نکند

هدف سوم در جهت غلبه بر چالش جدید سیستم های مخابراتی و – دیجیتالی حساس میباشد و امروزه در حد دو هدف دیگر اهمیت دارد

شرکت مهندسی ایرانیان Iranian Engineering Co.

الکترودهای زمین

BS 7430

Steel in concrete foundation work is generally protected against corrosion by the concrete and can act as a satisfactory electrode, if provision is made to ensure electrical continuity and adequate conductivity. Steel in concrete has an electropotential similar to that of copper and may therefore be bonded to copper or copper-covered earth electrodes.

- علوله آب فلزی مدفون
- عاسکلت فلزی ساختمان که بطور موثر در زمین قرار گرفته است
- عمیلگردهای داخل بتن
- عمیله و صفحه و شبکه های فلزی زمین

–IEC62305

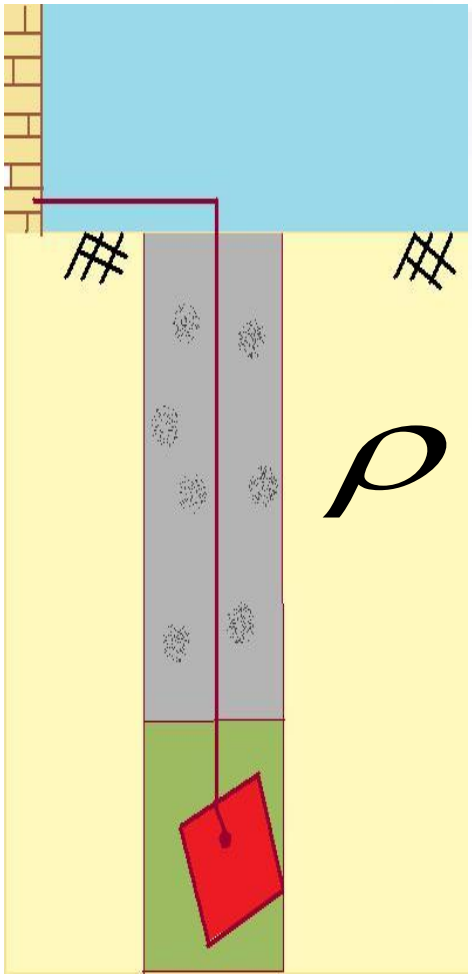
Furthermore, the steel reinforcement of the structure, if adequate, may serve as an electromagnetic shield, which assists in protecting electric and electronic equipment from interference caused by lightning electromagnetic fields according to IEC 62305-4.

IEEE 142 Green Book

4.2.3 Concrete Encased Electrodes. Concrete below ground level is a semi-conducting medium of about 3000 Ω cm resistivity at 20 °C, or somewhat lower than the average loam soil. Consequently, in earth of average or high resistivity, the encasement of rod or wire electrodes in concrete results in lower resistance than when a similar electrode is placed directly into earth.

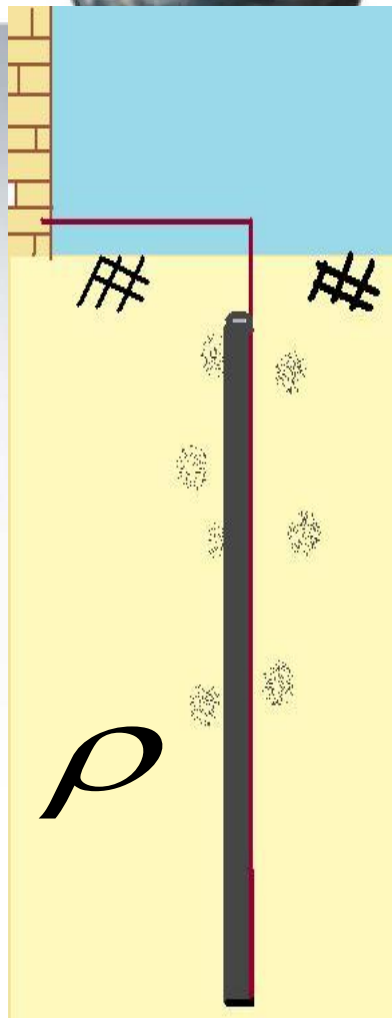
توجه ویژه : عدم استفاده از سازه های فلزی ساختمان به عنوان ارت کفران نعمت است .

آیا جنس الکترود زمین در پایین آوردن مقاومت زمین اثر دارد؟



$$R = \frac{\rho}{2\pi\ell}\ln\left(\frac{8\ell}{d} - 1\right)$$

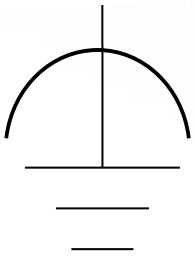
مقاومت ویژه خاک است نه الکترود – ρ



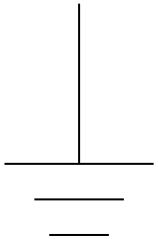
توجه ویژه : جنس الکترود هیچگونه تاثیری در پایین آوردن مقاومت شبکه زمین ندارد .

زمین آرام / زمین نویزی

❑ زمین آرام (Quiet ground یا Clean earth)



–نویز الکترومغناطیسی و ولتاژهای ناخواسته موجود در لحظات خطا یا عادی زمین روی آن اثر نمی کند و موجب اخلال در عملکرد مطلوب تجهیزات برقی به خصوص تجهیزات حساس الکترونیکی نخواهد شد .



❑ زمین نویزی noisy ground

–برخلاف زمین آرام، زمین نویزی یک شبکه زمین الکتریکی است که استعداد القاء یا تزریق ولتاژهای ناخواسته ومزاحم را به سیستم های الکترونیکی و حساس دارد

شرکت مهندسی ایرانیان Iranian Engineering Co.

سه ویژگی مهم یک سیستم زمین

۱– امپدانس الکتریکی بسیار پائین

–Low Electrical Impedance

2– مقاومت مکانیکی بسیار بالا

–High Mechanical Resistance

۳– مقاومت بالا در برابر خوردگی

High Corrosion Resistance

توجه شود که امپدانس یک سیستم زمین باید پایین باشد نه فقط مقاومت اهمی آن

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L{}^2}$$

Iranian Engineering Co.

تاثیر جریان الکتریکی بر بدن

جریان الکتریکی عبوری از بدن تابع :

- میزان جریان i
- مدت زمان عبور این جریان t
- فرکانس f

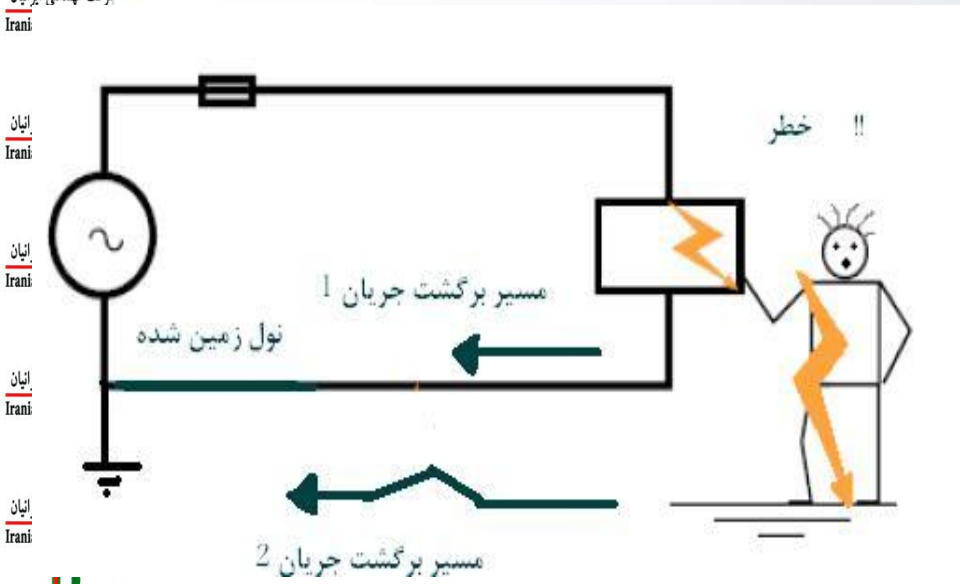
– بالای ۱۰۰ میلی آمپر AC

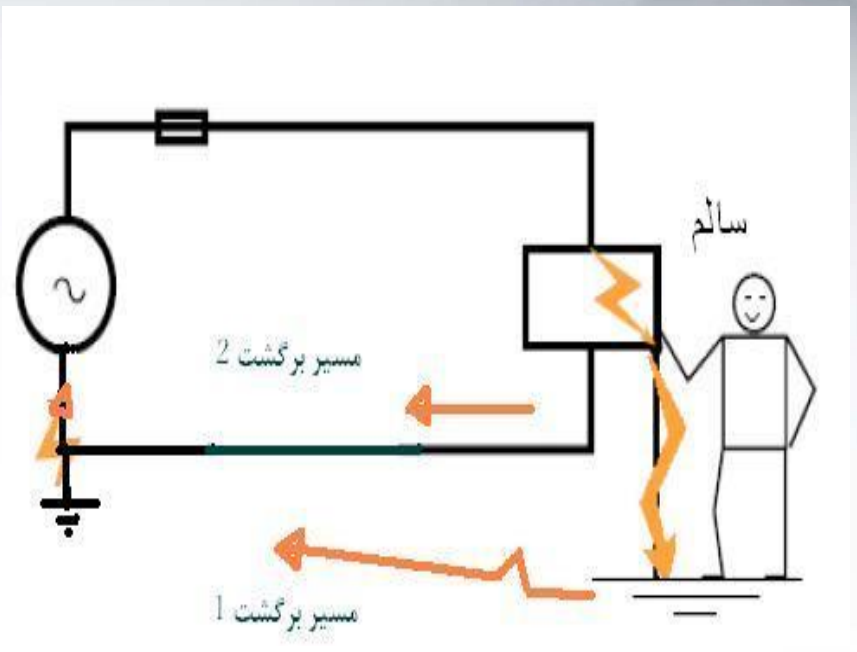
–و بالای ۳۰۰ میلی آمپر DC آستانه خطر مرگ

– بالای ۶۵ ولت استانداردهای آلمان و بالای ۵۰ ولت استانداردهای انگلیسی AC

–و بالای ۱۲۰ ولت DC آستانه خطر مرگ

فلسفه زمین کردن





دستگاه ارت نشده پس سهم – زیادی از جریان خطا میتواند از بدن شخصی که با دستگاه تماس دارد عبور کند

دستگاه ارت شده پس سهم زیادی – از جریان خطا میتواند از سیستم ارت برگشت کند و سهم بسیار ناچیزی از شخصی که با دستگاه تماس دارد عبور کند

شرکت مهندسی ایرانیان Iranian Engineering Co.

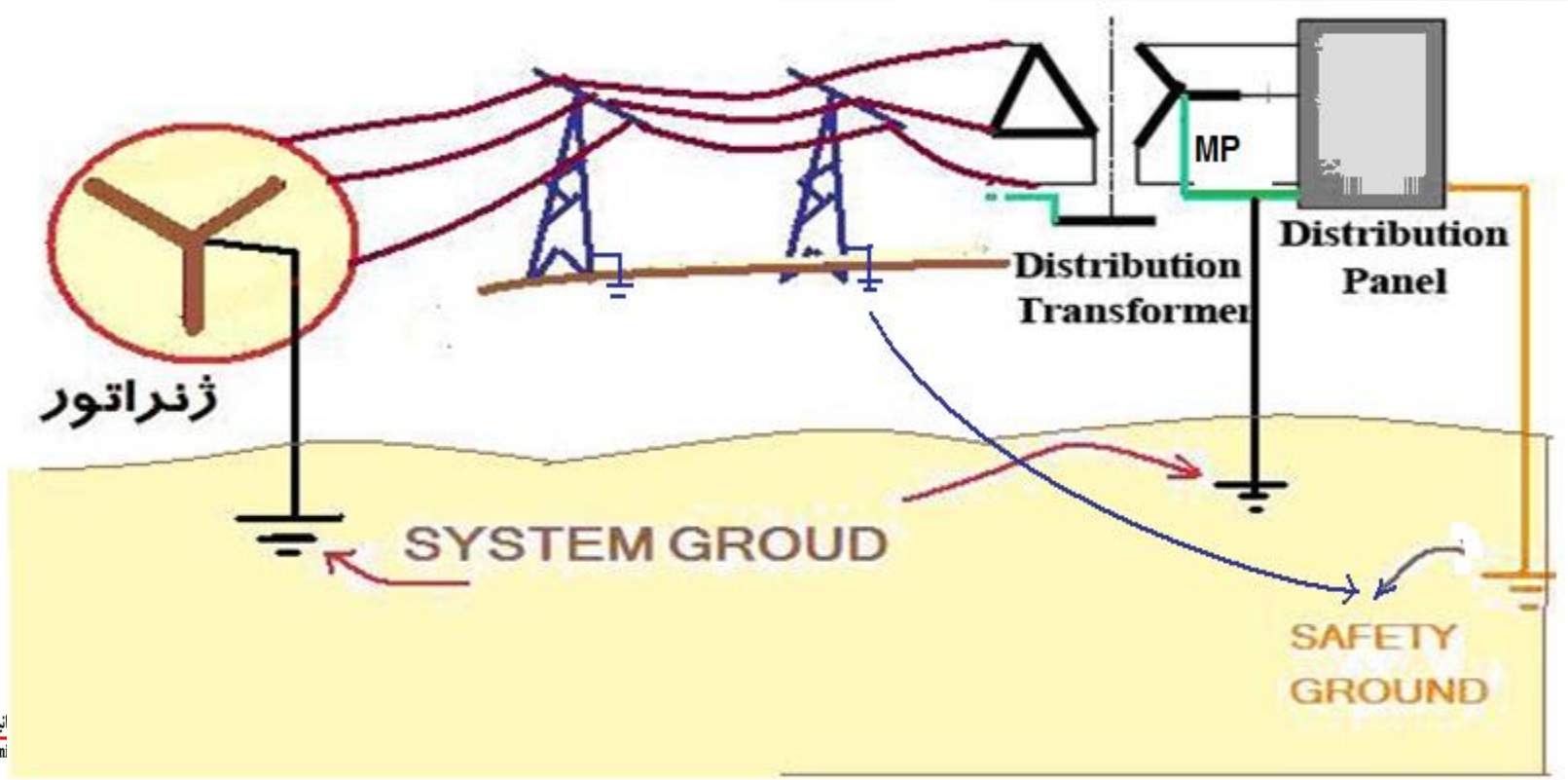
انواع زمین کردن

SYSTEM GROUND

زمین کردن الکتریکی یا زمین کردن نوترال
یا نول کردن یا گراندینگ سیستم

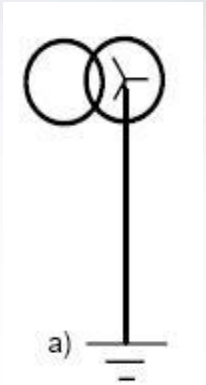
–SAFETY GROUND

زمین حفاظتی یا ایمنی

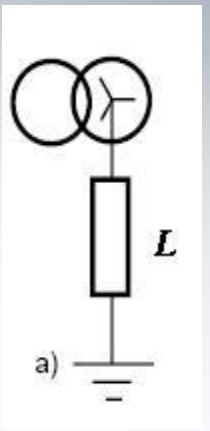


انواع زمین الکتریکی

–Ungrounded

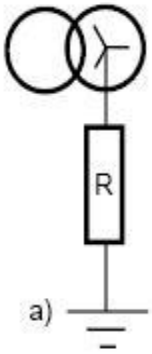


solidly Ground–

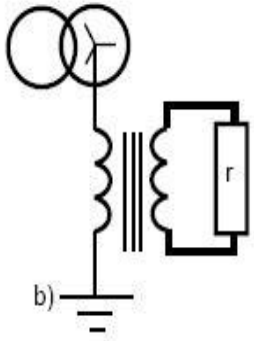


Reactance Grounded–

– اطلاعات کامل را
دراستاندارد IEEE Std C37.101-1993
میتوان یافت



Resistance Grounded–



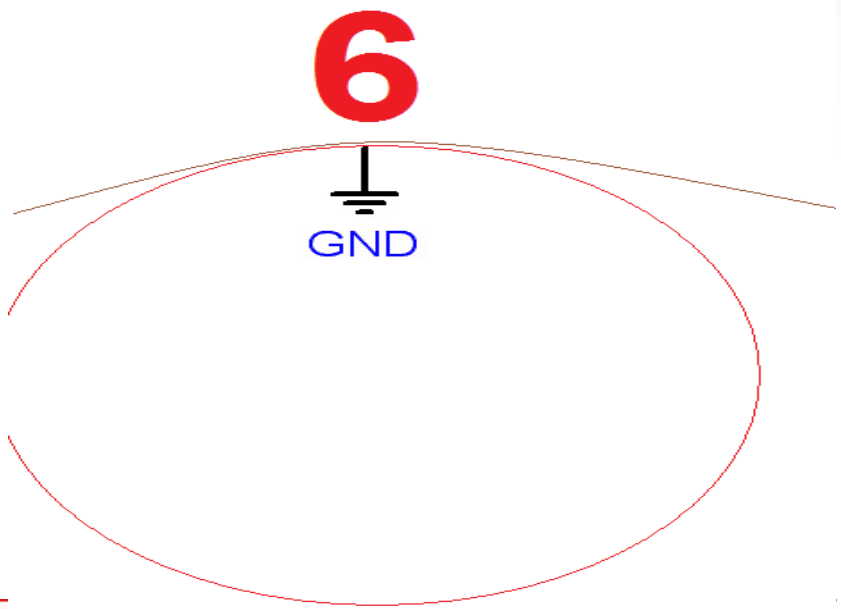
–Transformer Grounded

Iranian Engineering Co.

انواع زمین حفاظتی

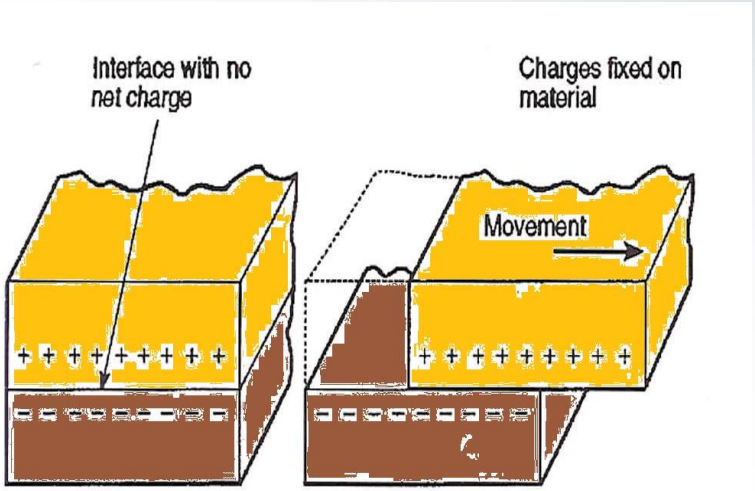
1. Equipment Ground
2. Lightning Ground
3. Electrostatic Ground
4. Isolated Ground
5. Transformer Ground
6. Reference Signal Ground

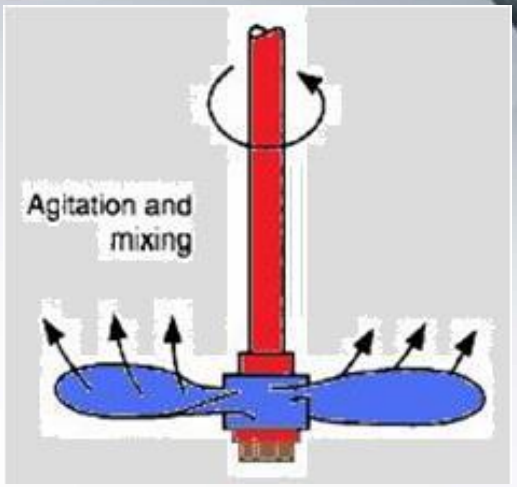
۱- گراند تجهیزات
۲- گراند صاعقه گیر
۳- گراند بارهای ساکن
٤- گراند ایزوله
۵- گراند منفرد یا ترانسی
۶- گراند سیگنال مرجع

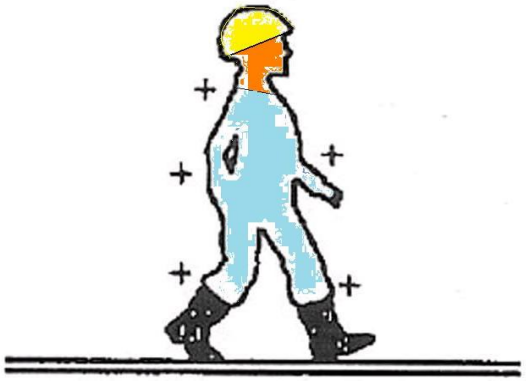


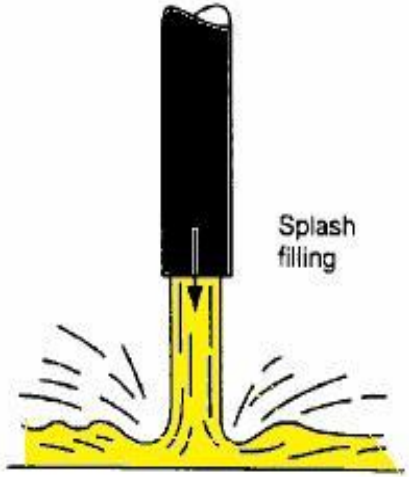
Iranian Engineering Co.

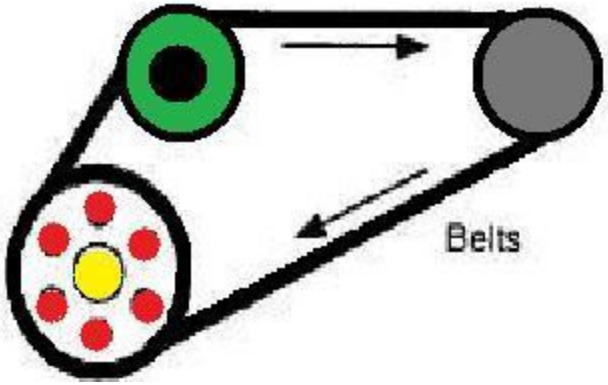
عوامل تولید بارهای ساکن



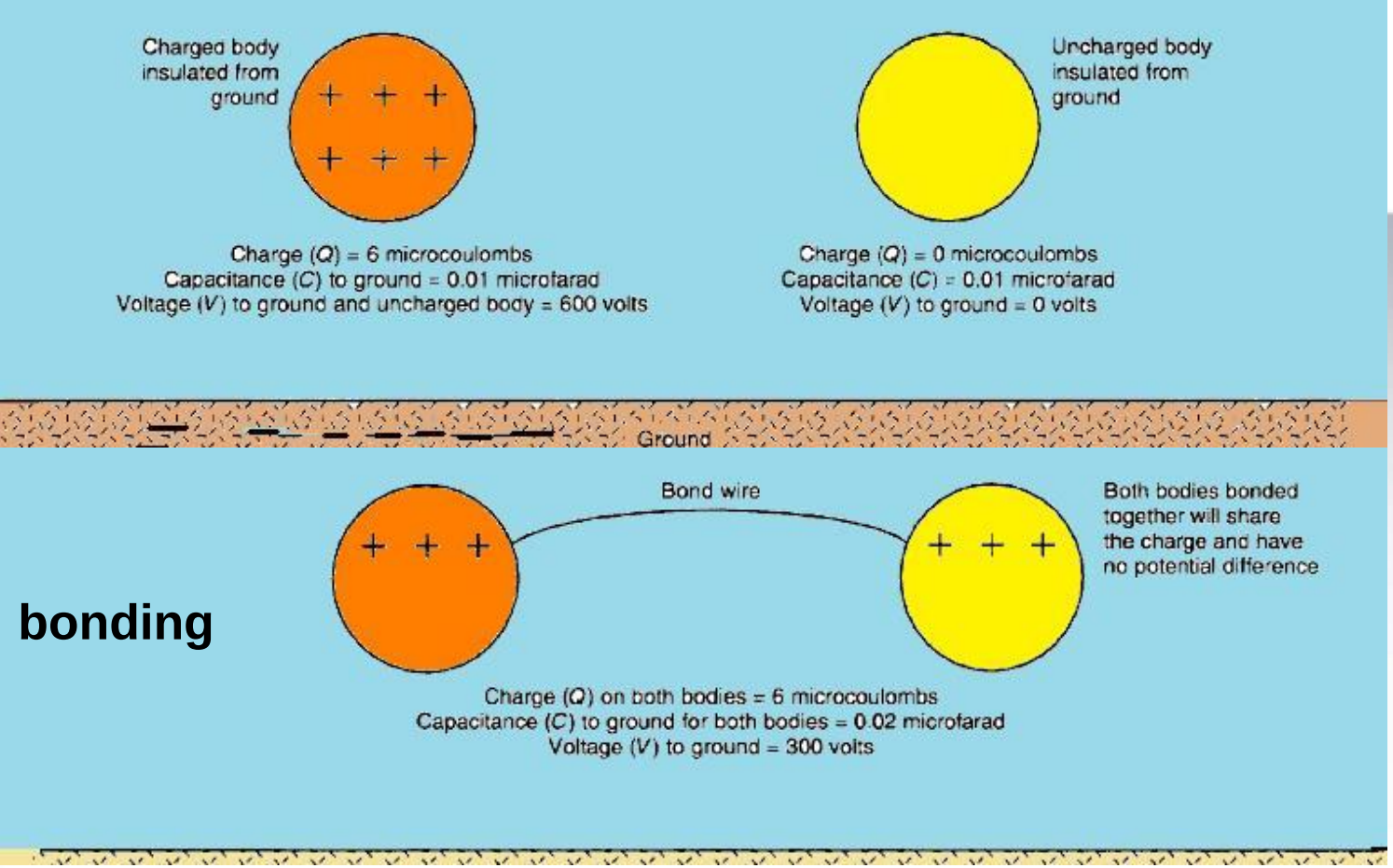




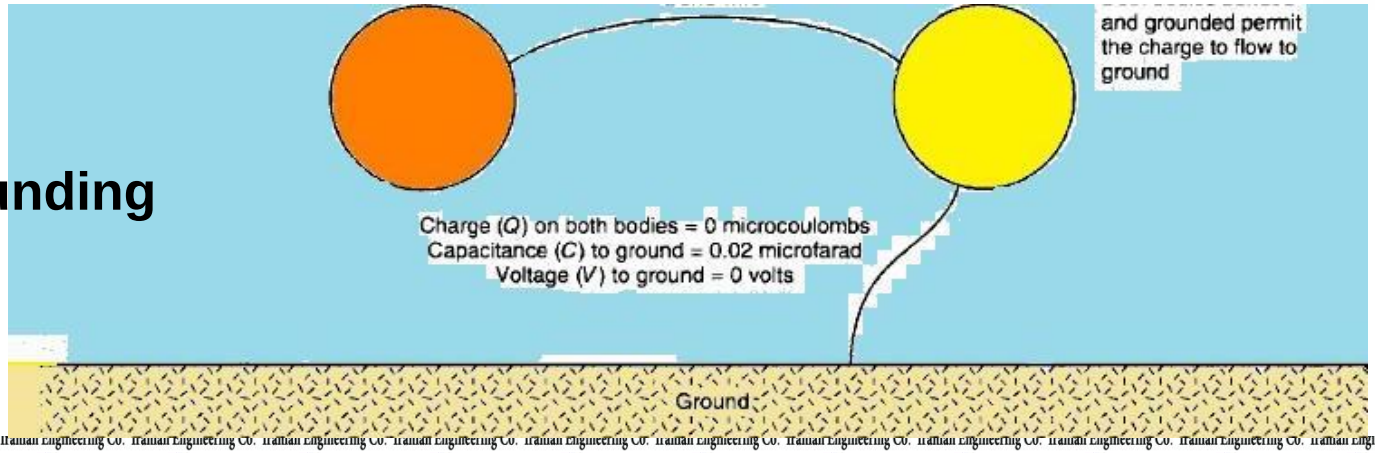




Iranian Engineering Co.

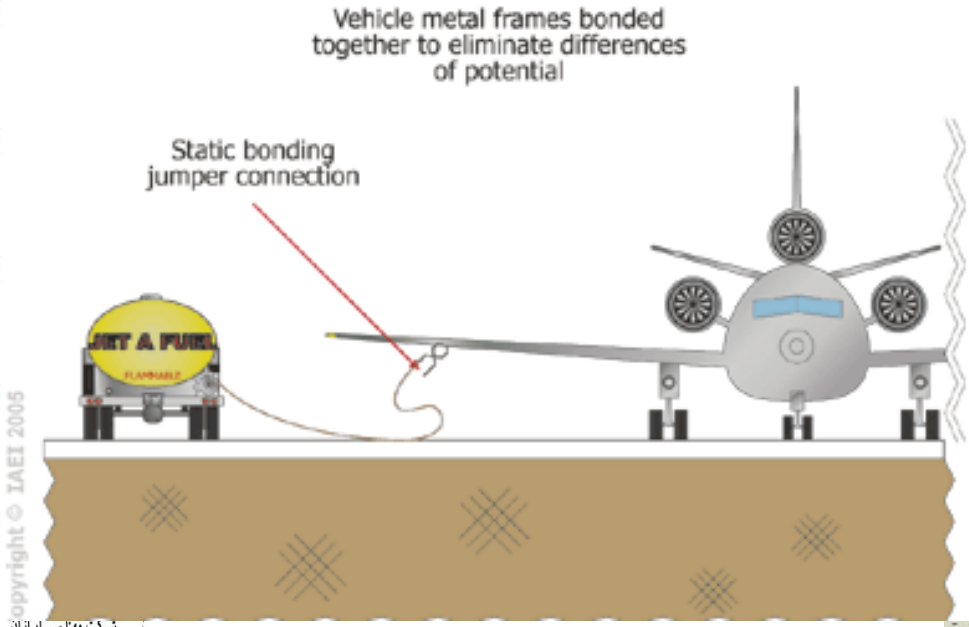


گراندینگ و باندینگ جهت اطفاء بارهای ساکن



Iranian Engineering Co.

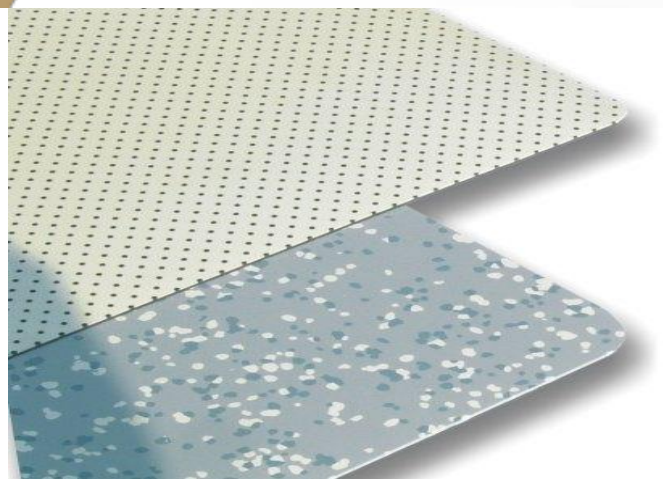
راه های اطفاء بارهای الکترو استاتیک



a–) هم بندی و زمین کردن
b) کنترل رطوبت
c) یونیزاسیون
d) اجرای کف های هادی

باندینگ

کف هادی

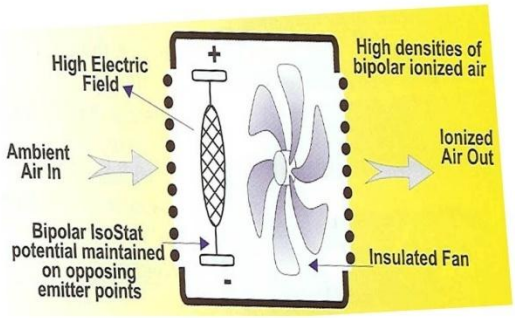


صمغ هادی

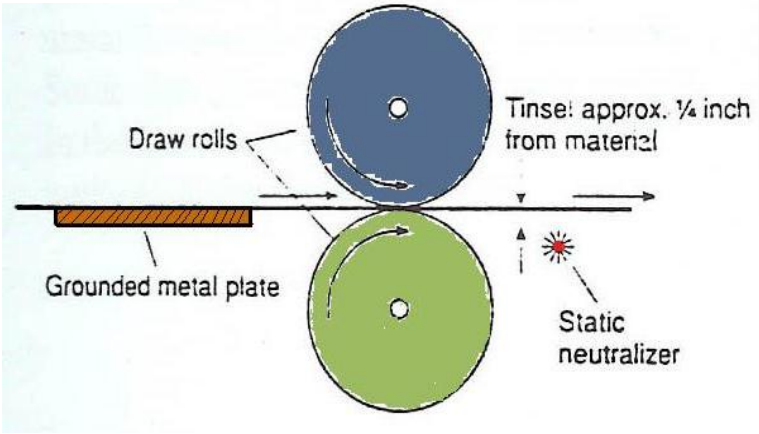
Copyright © IAEI 2005
شرکت مهندسی ایرانیان Iranian Engineering Co.

راه های اطفاء بارهای الکترو استاتیک

فن یون ساز



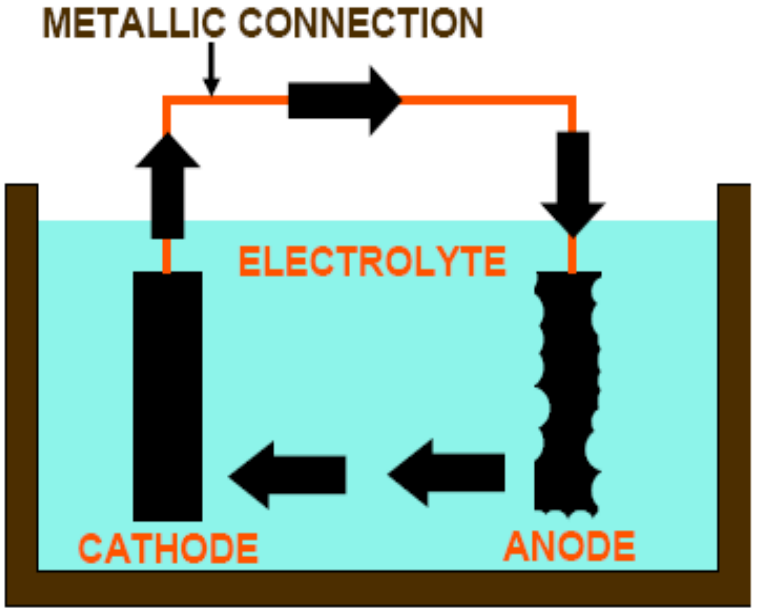
a–) هم بندی و زمین کردن
b) کنترل رطوبت
c) یونیزاسیون
d) اجرای کف های هادی



تمهیدات ویژه تعمیر نگهداری

- **The electrochemical process consists of four distinct parts :**

1. **Anode**
2. **Cathode**
3. **Electrolyte**
4. **Metallic path**



Electrochemical Corrosion occurs only when all four parts of the corrosion cell are present

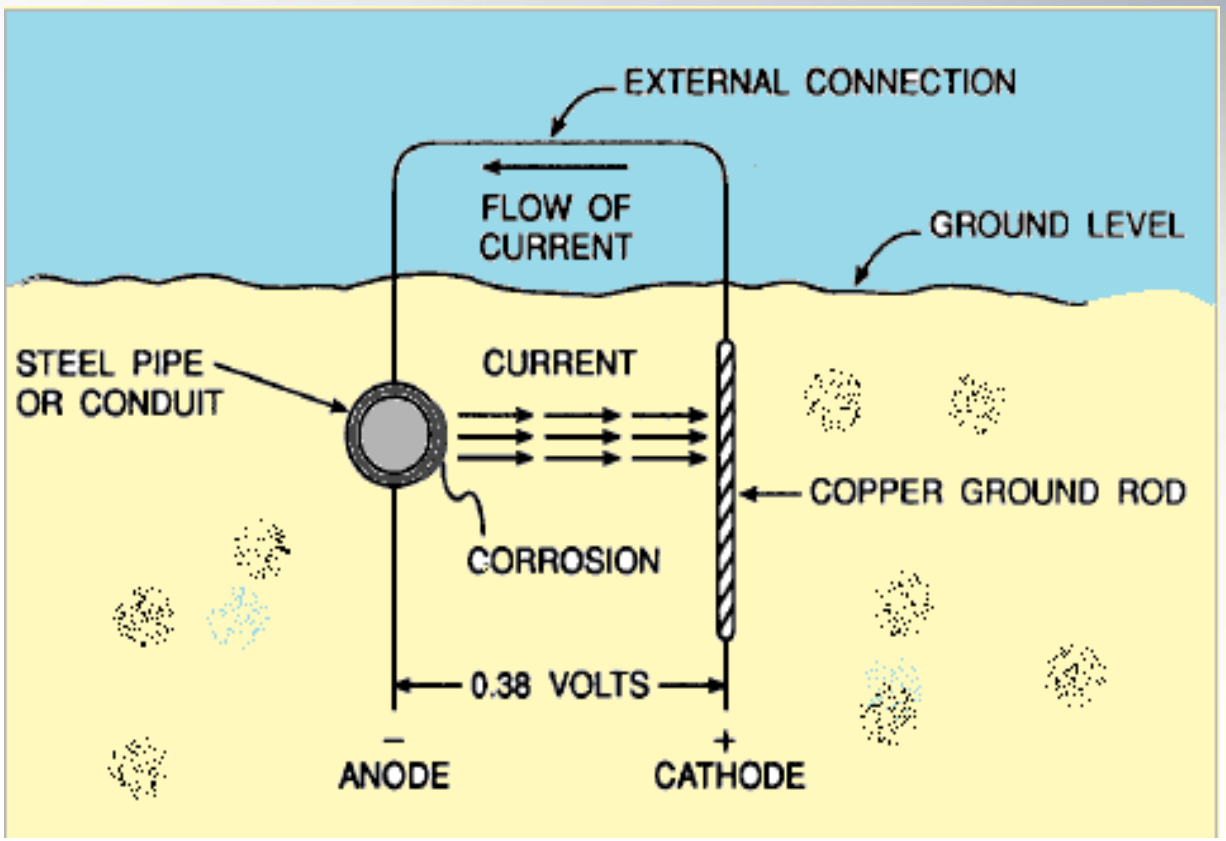
خوردگی در سیستم زمین

–Practical Galvanic Series for metals in neutral soils & Water

Metal	Potential Versus Cu-CuSo4 (v)
Commercially Pure Magnesium	-۱.۷۵
Magnesium Alloy (6% Al, 3% Zn ,0.15 % Mn	-۱.۶
Zinc	-۱.۱
Aluminum Alloy (5% Zinc)	-۱.۰۵
Commercially Pure Aluminum	-۰.۸
Cadmium	-۰.۸
Mild Steel (Clean & Shiny)	-۰.۷
Mild Steel (Rusted)	-۰.۵
Cast Iron (Not graphitized)	-۰.۵
Lead	-۰.۵
Stainless Steel	-0.5 to +0.1
Mild Steel in Concrete	-۰.۲
Copper ,Brass, Bronze	-۰.۲
High Silicon Cast Iron	-۰.۲
Titanium	-۰.۲
Platinum	0 to -0.1
Gold	+۰.۲
Carbon, Graphite, Coke	+۰.۳

قفل خوردگی در سیستم زمین به راحتی با این کلید باز خواهد شد.

خوردگی در سیستم زمین



–میله مسی جهت جلوگیری از ولتاژ گرفتن لوله به آن نصب شده (لوله ارت شده) اما این اتصال موجب تشکیل پیل گالوانیک شده و میله مسی کاتد شده و لوله فولادی آند خواهد شد .

–Earthing & Corrosion

خوردگی در سیستم زمین

BS7430 Standard

Table 8. Suitability of materials for bonding together

Material assumed to have the larger surface area	Electrode material or item assumed to have the smaller surface area			
	Steel	Galvanized steel	Copper	Tinned copper
Galvanized steel	✓	✓	✓	✓
Steel in concrete	×	×	✓	✓
Galvanized steel in concrete	✓	✓ 1)	✓	✓
Lead	✓	✓ 1)	✓	✓

Key

× = not suitable for bonding;
✓ = suitable for bonding.

1) The galvanizing on the smaller surface may suffer.

میلگرد فولادی داخل بتون فقط میتواند به مس قلع اندود یا معمولی وصل شود و اتصال مستقیم میلگرد داخل بتن به فولاد معمولی و فولاد گالوانیزه مناسب نیست و پیل تشکیل میدهد.

شرکت مهندسی ایرانیان Iranian Engineering Co.

–Earthing & Corrosion

خوردگی در سیستم زمین

BS 7430 Standard

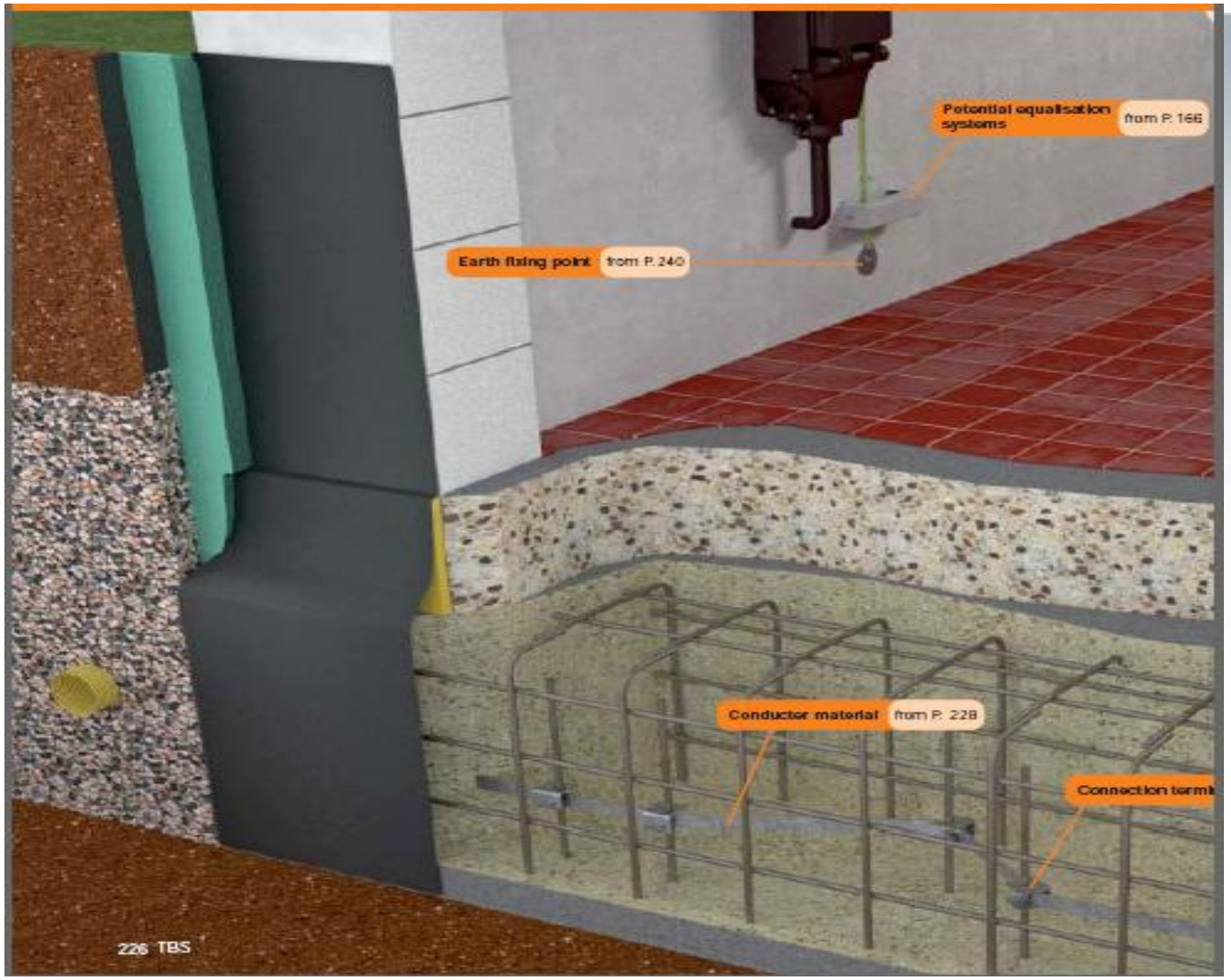
Table 7. Corrosion resistance of some electrode materials related to soil parameters

Soil parameter		Electrode material			
		Mild steel	Galvanized steel	Austenitic steel	Copper
Resistivity in Ω·m	<7	nn	n	g	g
	7 to 40	n	n	gg	g
	>40	gg	gg	gg	gg
Redox potential in mV	>400	gg	gg	gg	gg
	200 to 400	g	g	gg	g
	<200	nn	nn	n±	n
Moisture content in %	<80	g	g	g	g
	10 to 80	n	n	g	g
	<10	gg	gg	gg	gg
Dissolved salts		n	n	g	n
chloride		n	n	n	n
pH acidic	<6	n	nn	g	n
neutral	6 to 8	gg	gg	gg	gg
alkaline	>8	g	n	gg	g
Organic acids		n	n	g	nn

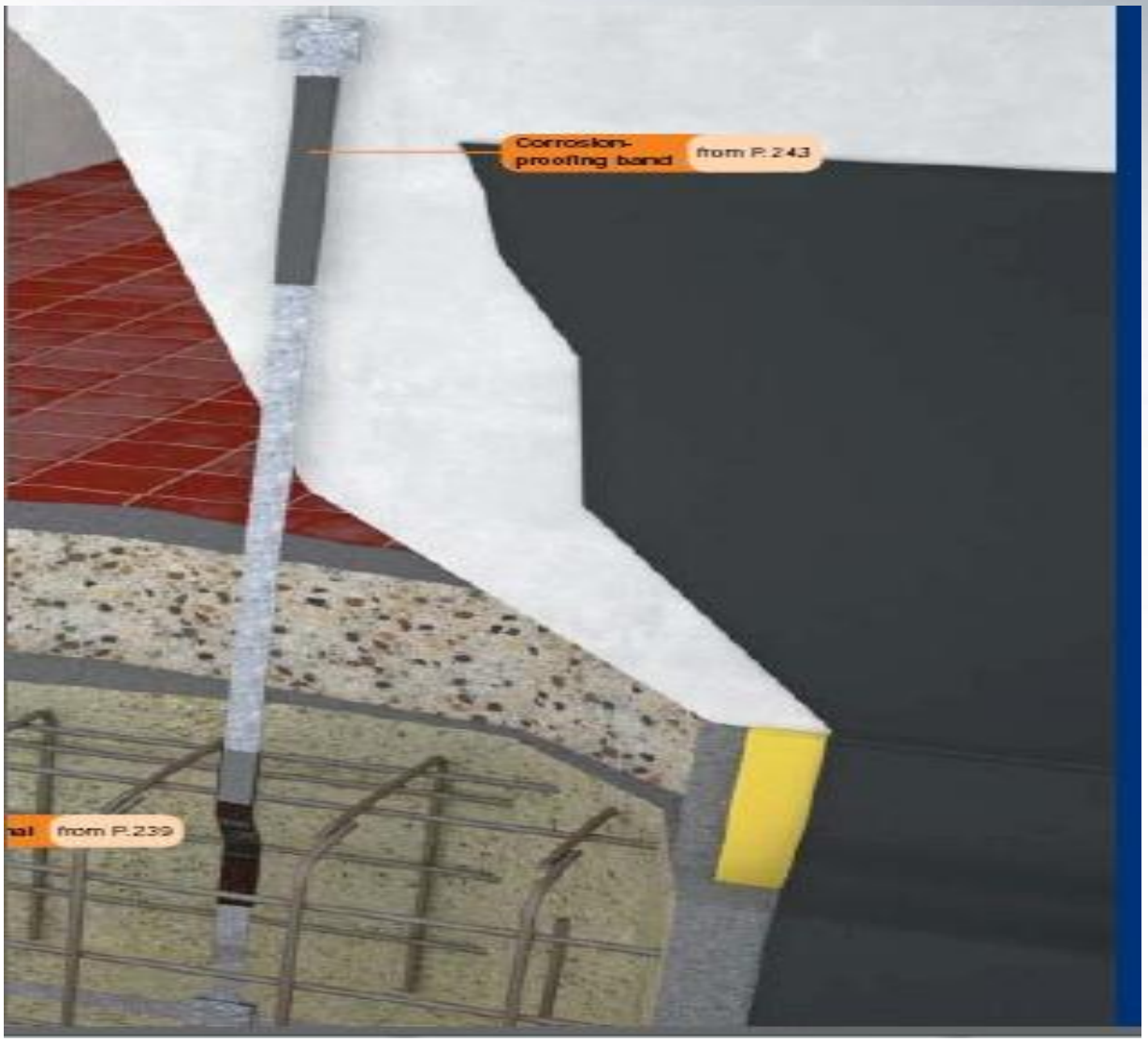
Key
gg = corrosion resistance generally unaffected;
g = corrosion resistance affected only slightly;
n = corrosion resistance affected;
nn = marked reduction in corrosion resistance.

صرفا مقاومت ویژه خاک عامل خوردگی شبکه ارت نیست و ۴ عامل فوق نیز تاثیرگذار است

اصول استفاده از میلگرد های بتنی به عنوان شبکه ارت

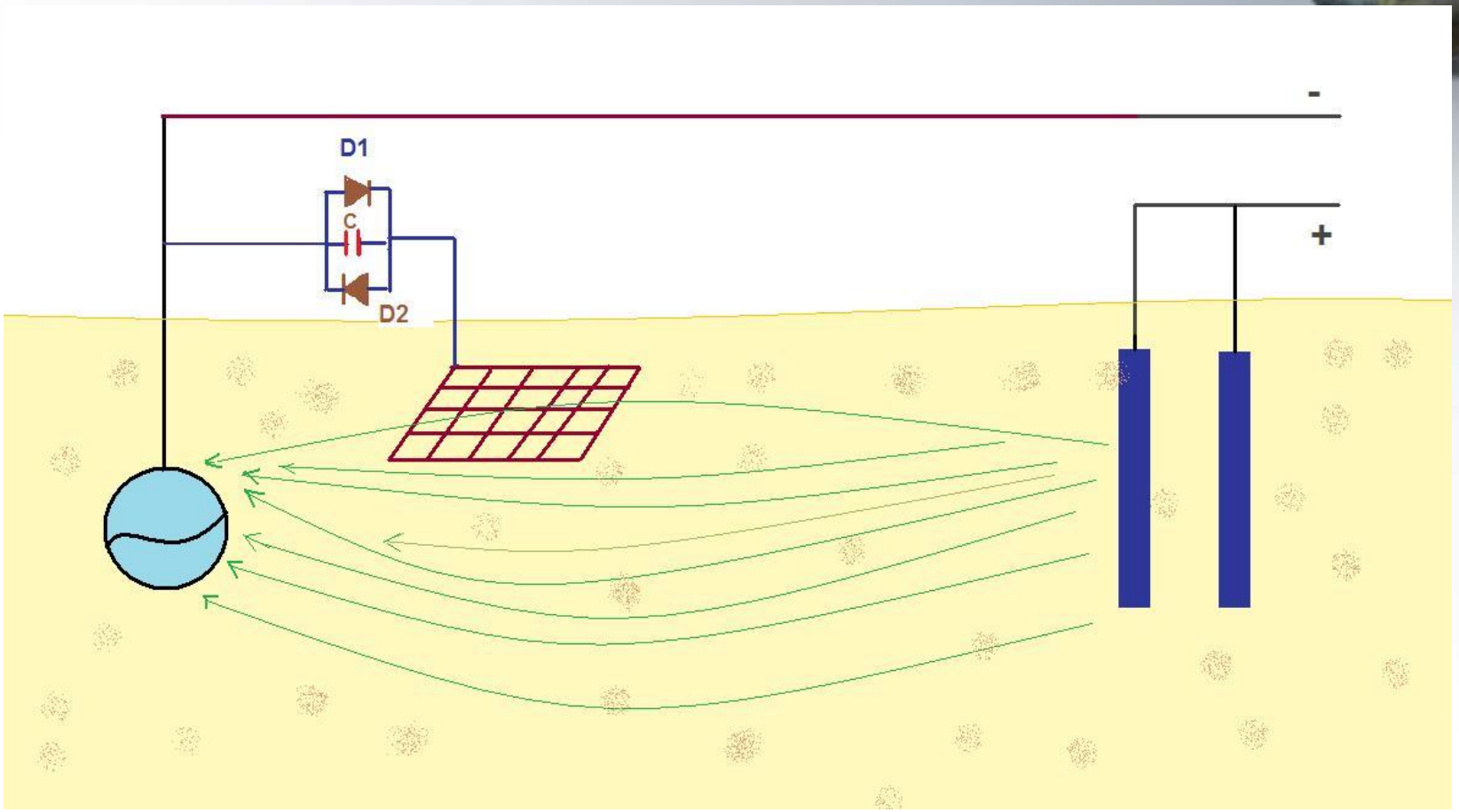


اصول استفاده از میلگرد های بتنی به عنوان شبکه ارت



Earthing & Corrosion

خوردگی در سیستم زمین



–اگر ترانس رکتیفایر حفاظت کاتدیک روشن باشد شبکه ارت دچار خوردگی جریان سرگردان میشود و اگر ترانس خاموش باشد لوله کربن استیل با شبکه ارت مسی تشکیل پیل خوردگی گالوانیک میدهند –به این خاطر از تجهیزات موسوم به dc decuple استفاده میشود.

تست های مرتبط با سیستم زمین –

1. Integrity/Continuity Test

۱–تست پیوستگی شبکه زمین

2. Soil Resistivity Measurement

۲–اندازه گیری مقاومت ویژه الکتریکی خاک

3. Earth Resistance Measurement

۳–اندازه گیری مقاومت الکترود یا شبکه ارت

4. Earth Loop Impedance Test

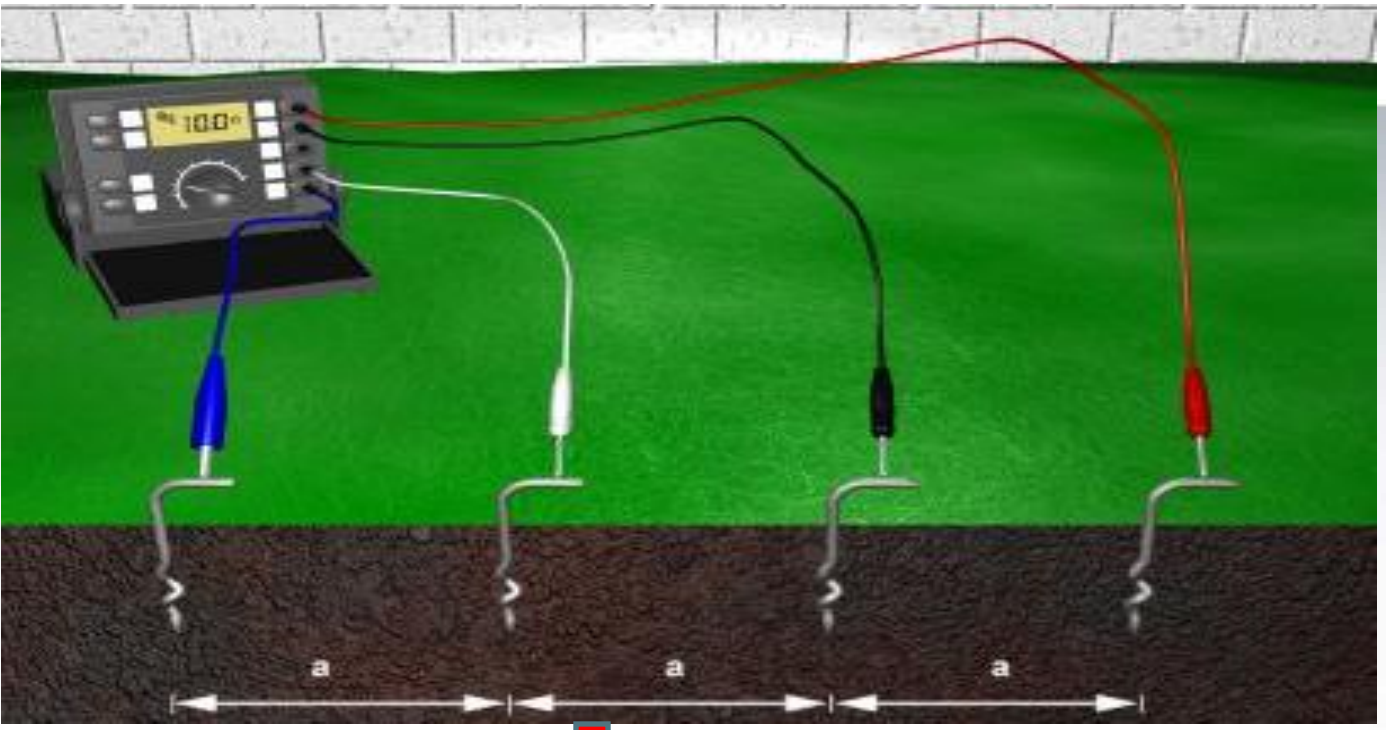
٤–اندازه گیری امپدانس حلقه زمین

5. RCD Test

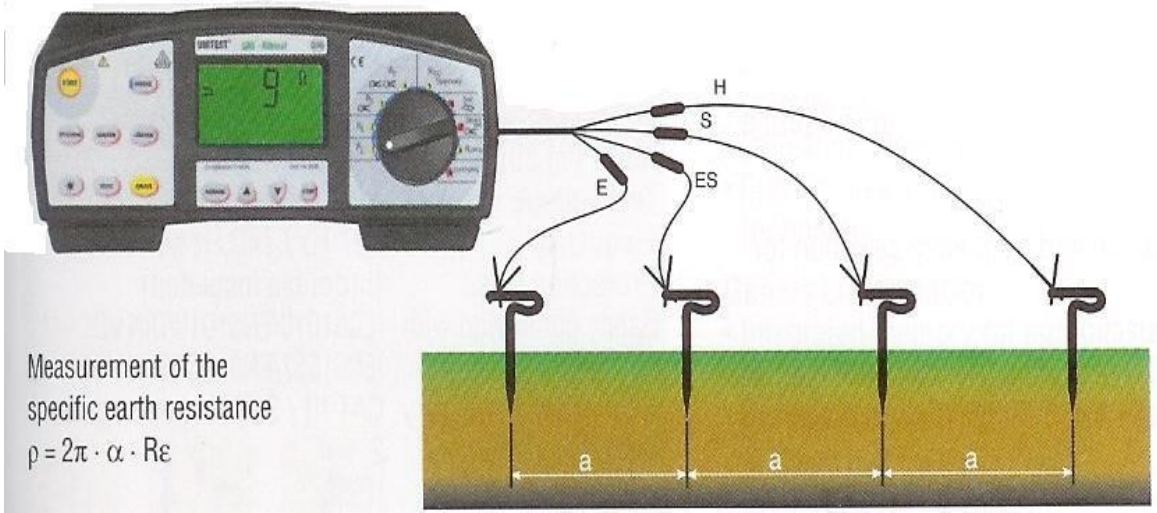
۵–تست RCD

Iranian Engineering Co.

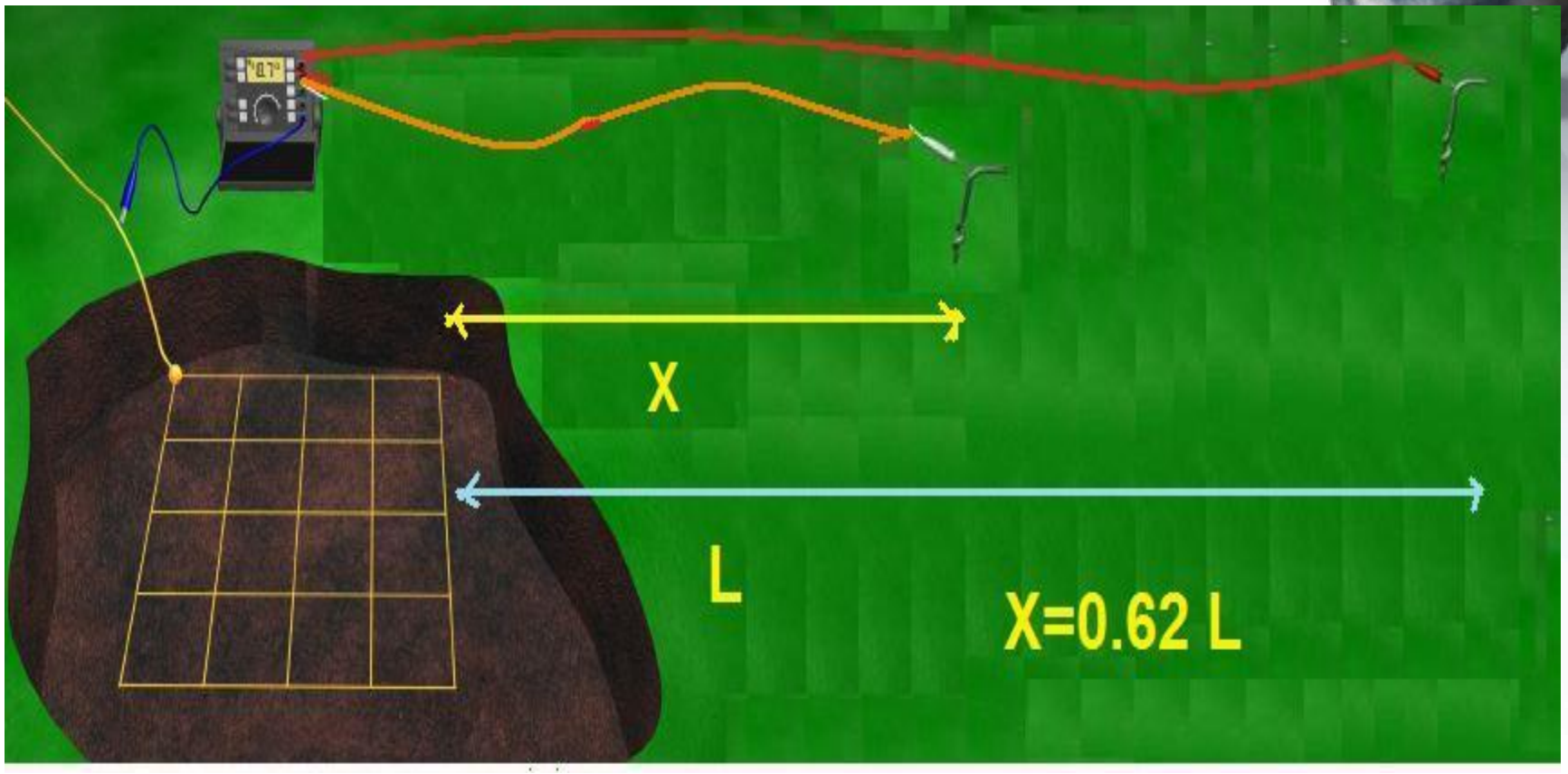
اندازه گیری مقاومت ویژه خاک به روش ۴ پین ونر



$$P=R*2\pi a$$



اندازه گیری مقاومت شبکه ارت به روش ۳ پین

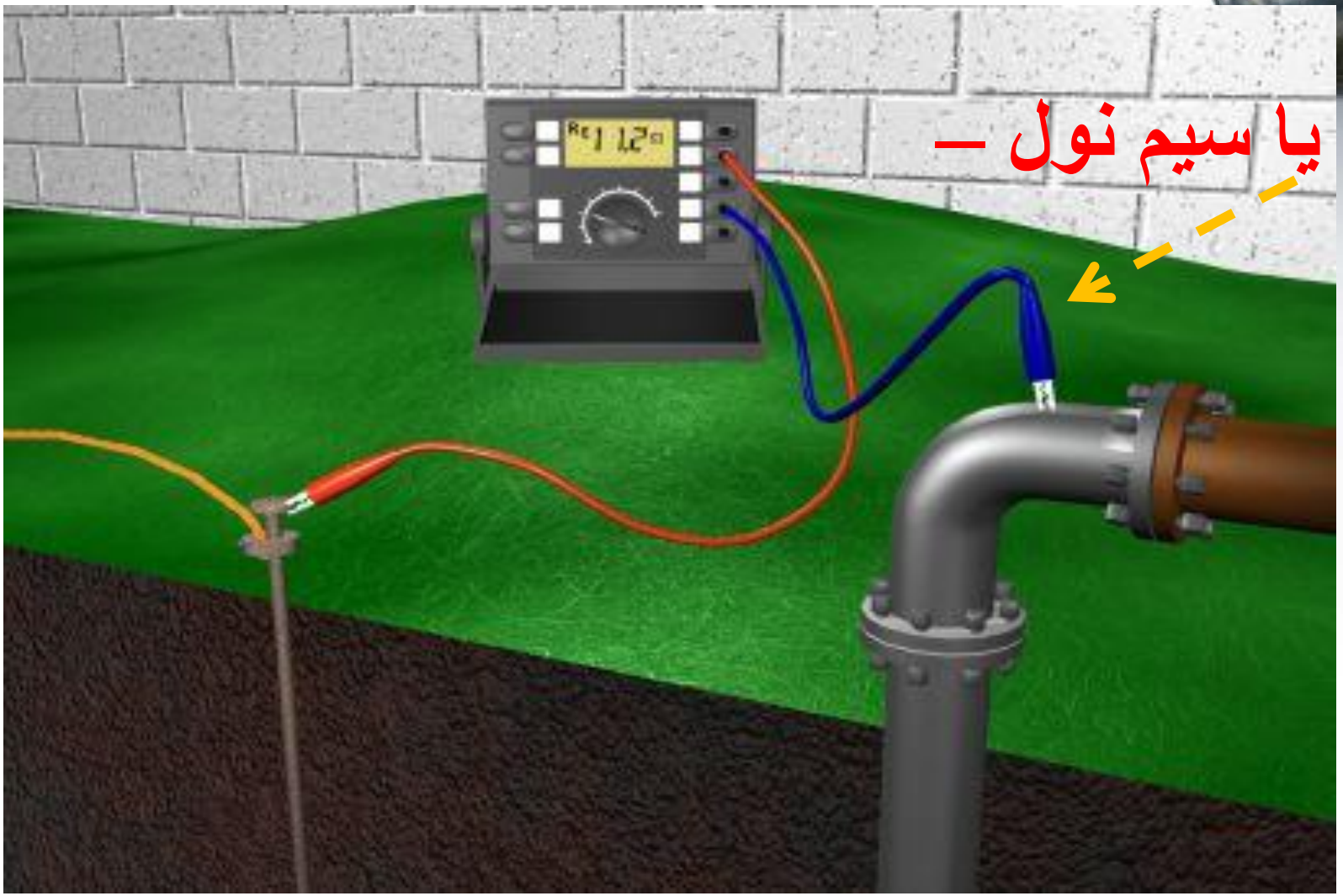


الکترود ولتاژ را یک بار روی ۶۳درصد قرار میدهیم و تست – میکنیم و بار دیگر ۱۰درصد جلوتر و ۱۰ درصد عقب تر اگر سه عدد به دست امده نزدیک به هم بود و کمتر از ۱۰ درصد اختلاف داشت تست صحیح است در غیر این صورت الکترود جریان را دورتر کرده و مجددا تست میکنیم

با یک گل بهار نمیشه

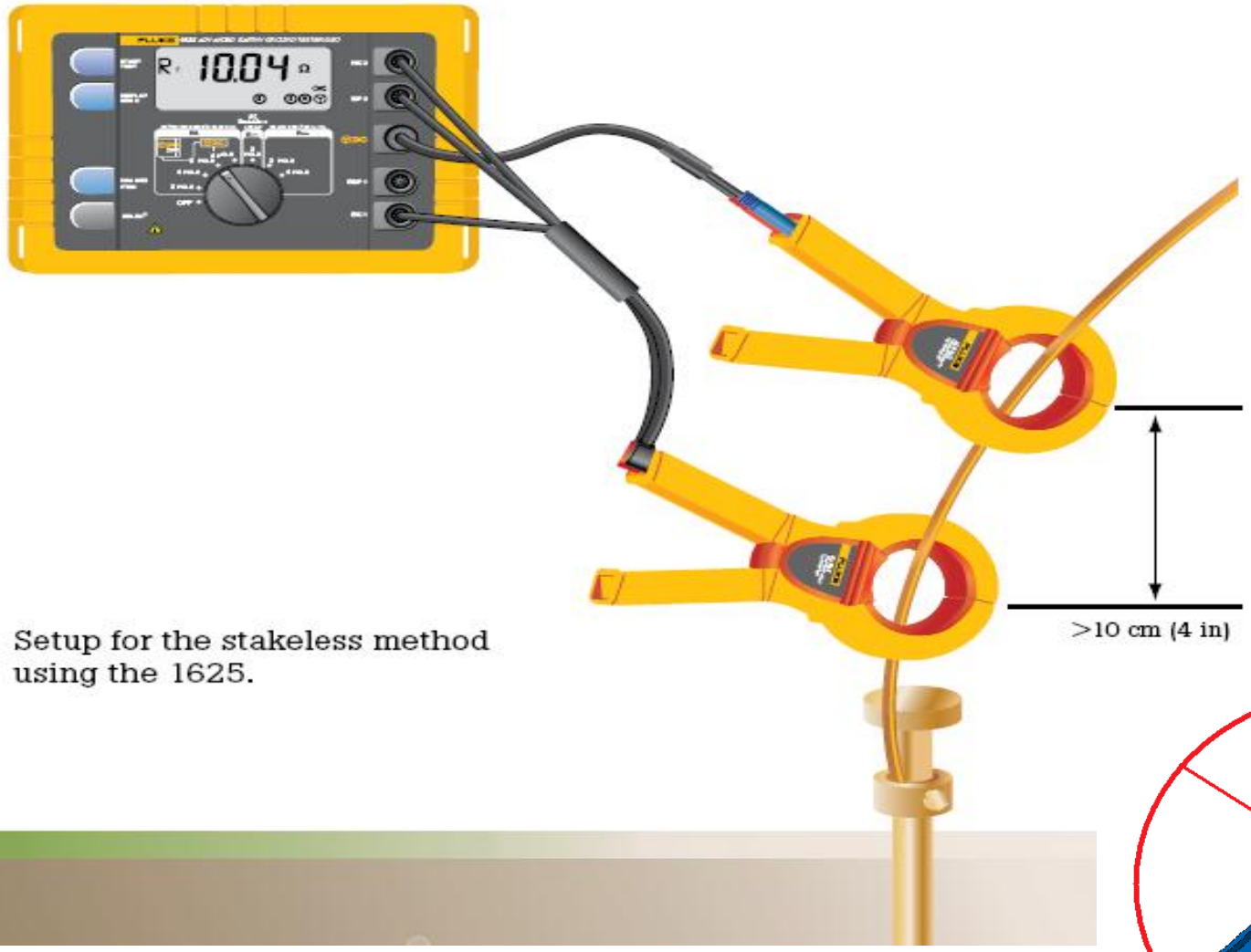
تا سه نشه بازی نشه

اندازه گیری مقاومت شبکه ارت به روش ۲ پین



مهندسی ایرانیان
Iranian Engineer

اندازه گیری مقاومت شبکه ارت به روش کلمپی stack less



Setup for the stakeless method using the 1625.

مهندسی ایرانیان
Iranian Engineering

تست RCD

۱-تست چشمی و زدن دکمه مکانیکی تست-

۲-تست بدون قطعی -

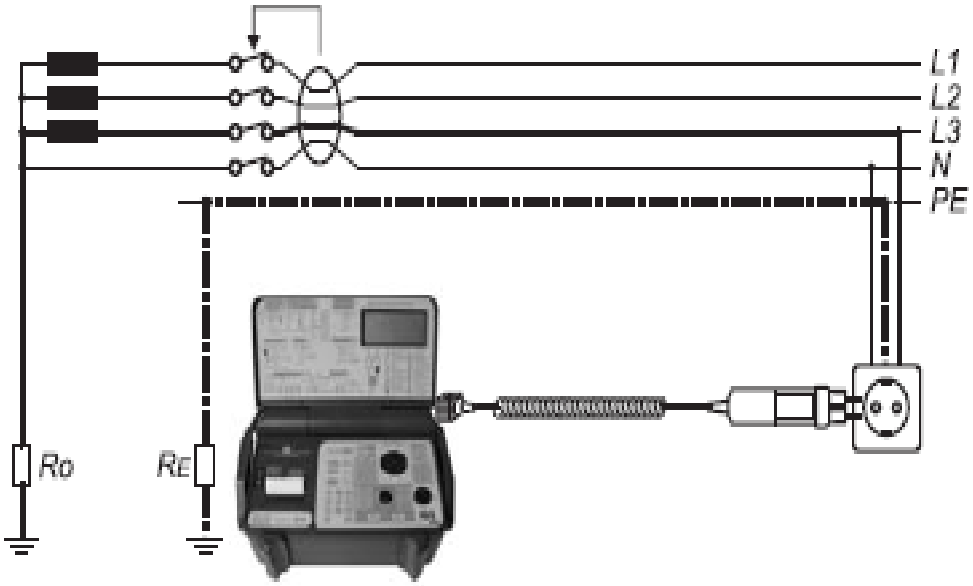
۳-تست با قطعی و اندازه گیری زمان و -
جریان قطع

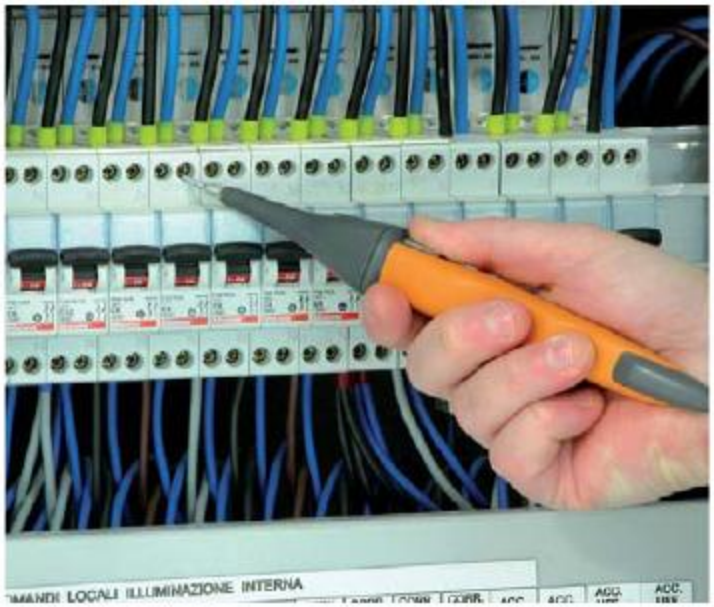
1. In TT systems, the PE must not be connected to the PEN but with the local protective earth.

2. In TN systems, the PE must be connected to the PEN before the RCD.

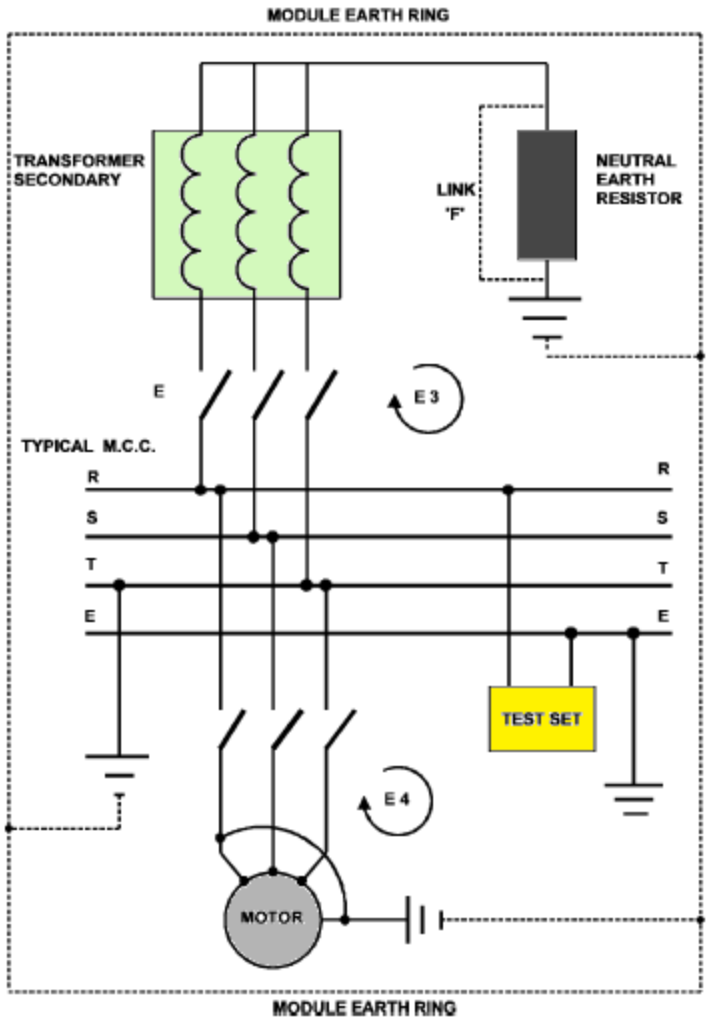
3. An insulation measurement in accordance with Section 6.1 must be performed. In particular it must be ensured that there is no connection between N and PE after the RCD.

تست RCD





اندازه گیری امپدانس حلقه زمین



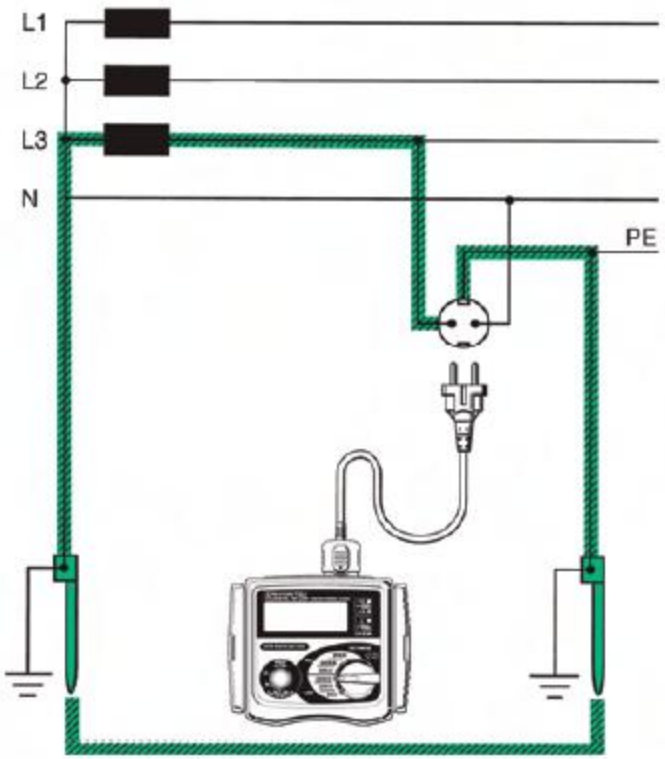


Fig.1 Earth fault loop impedance testing at socket outlet.

اندازه گیری امپدانس حلقه زمین

Table 6.8.4

LS-Switch according DIN VDE 0641, Characteristic B		
nom. Current	Short circuit curr.	loop resistance
6 A	30 A	7,66 Ω
10 A	50 A	4,6 Ω
16 A	80 A	2,88 Ω
25 A	125 A	1,84 Ω
35 A	175 A	1,31 Ω
63 A	315 A	0,73 Ω

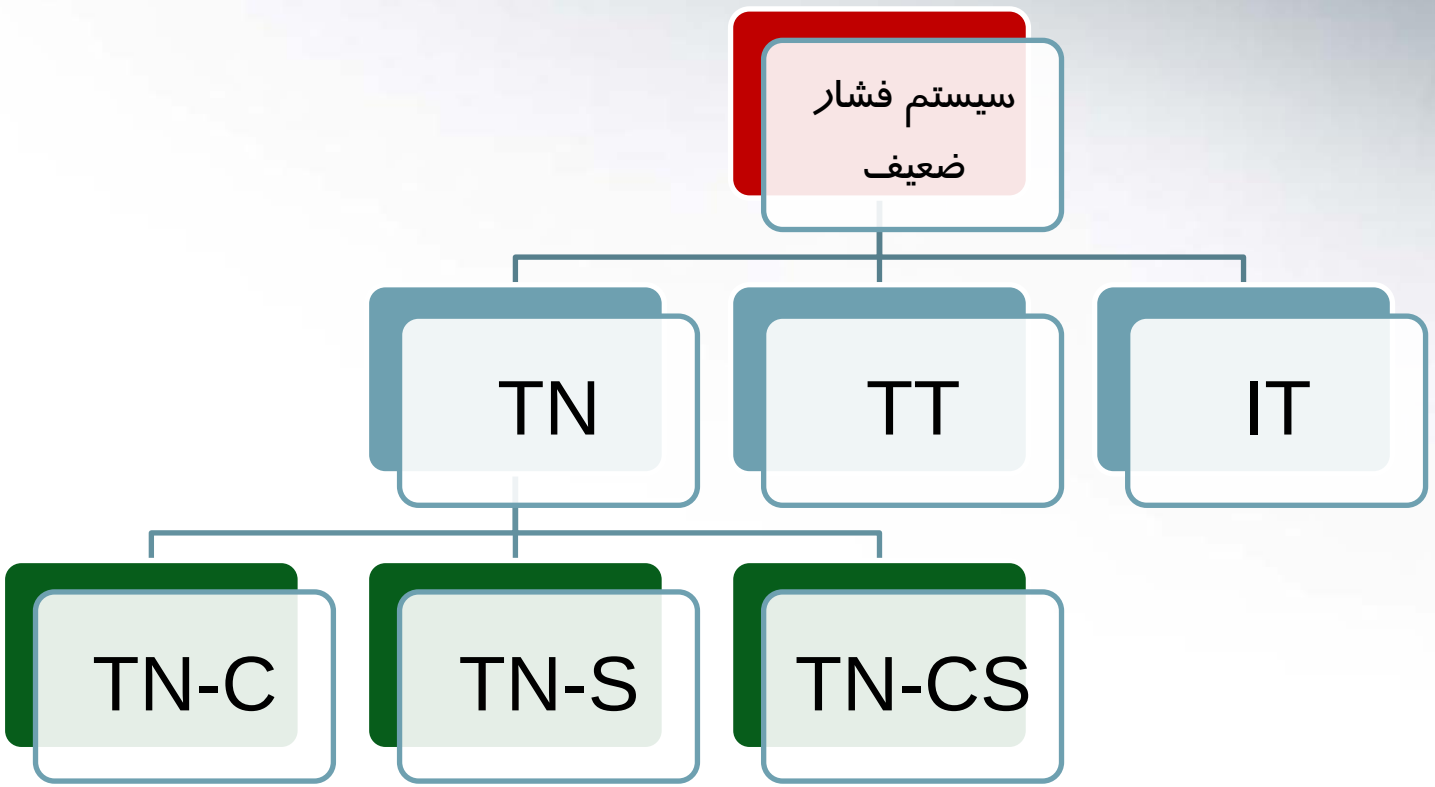
Table 6.8.3

Low voltage fuse		
according DIN VDE 0641, Characteristic gL		
nom. Current	Short circuit curr.	loop resistance
6 A	28 A	8,21 Ω
10 A	47 A	4,89 Ω
16 A	72 A	3,19 Ω
25 A	120 A	1,92 Ω
35 A	173 A	1,33 Ω
63 A	351 A	0,66 Ω

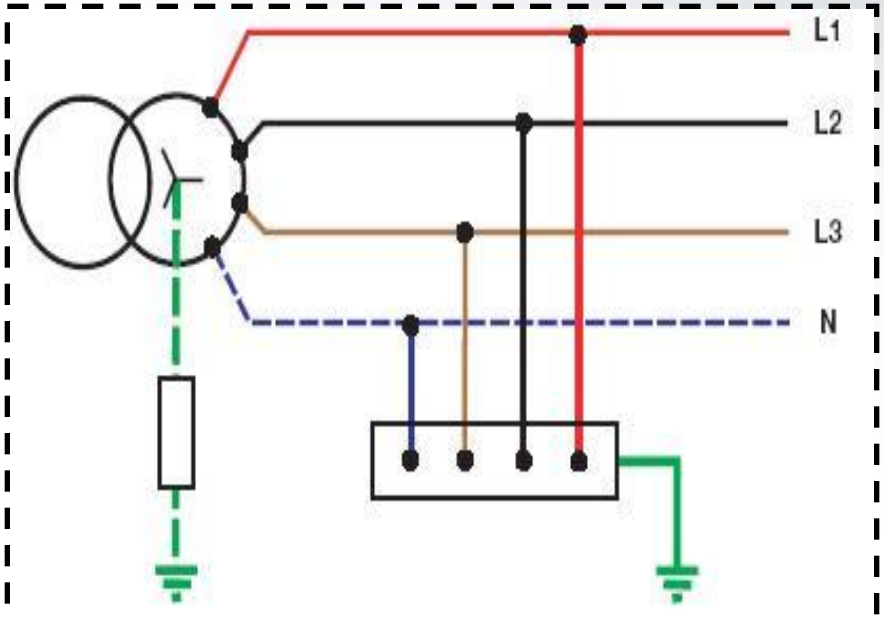
Table 6.8.5

LS-Swich according DIN VDE 0641, Characteristic C		
nom. Current	Short circuit curr.	loop resistance
6 A	60 A	3,83 Ω
10 A	100 A	2,3 Ω
16 A	160 A	1,44 Ω
25 A	250 A	0,92 Ω
35 A	350 A	0,66 Ω
63 A	630 A	0,37 Ω

انواع سیستم زمین

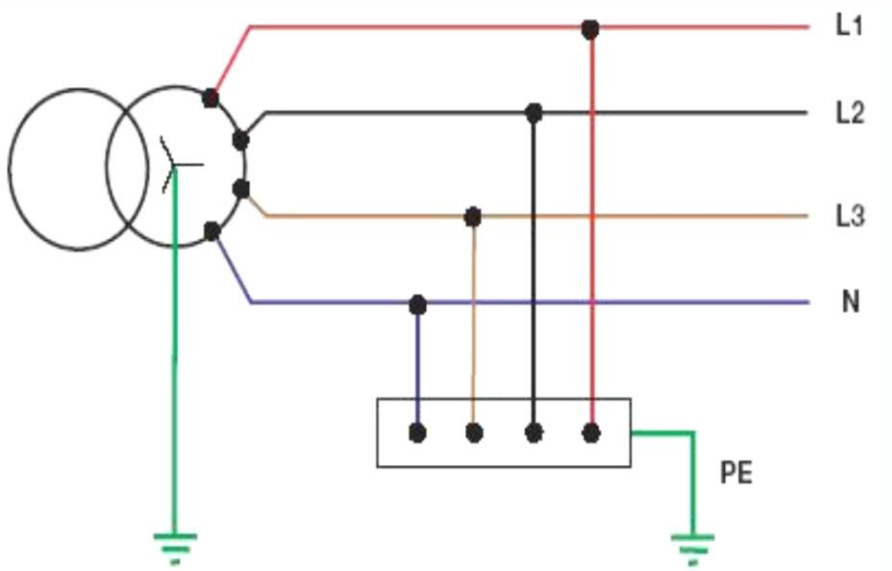


انواع سیستم زمین



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).



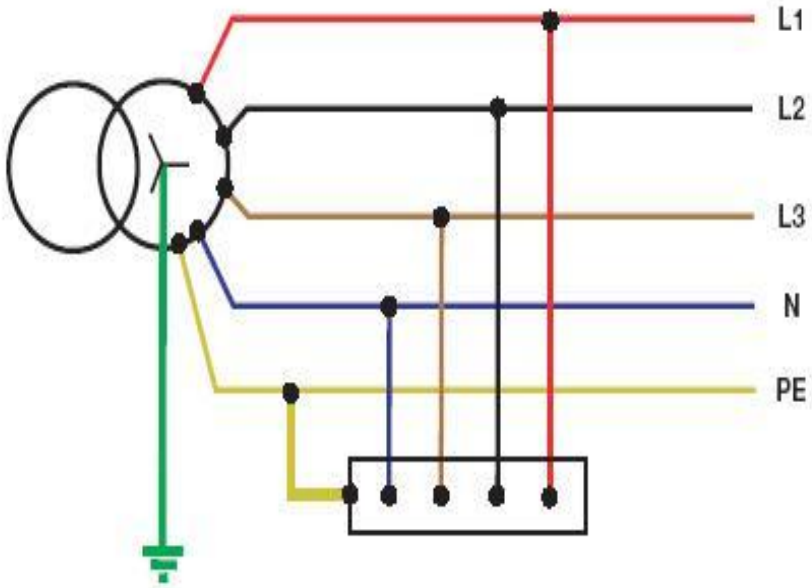
TT (neutral connected to earth) wiring diagram:

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.

IT

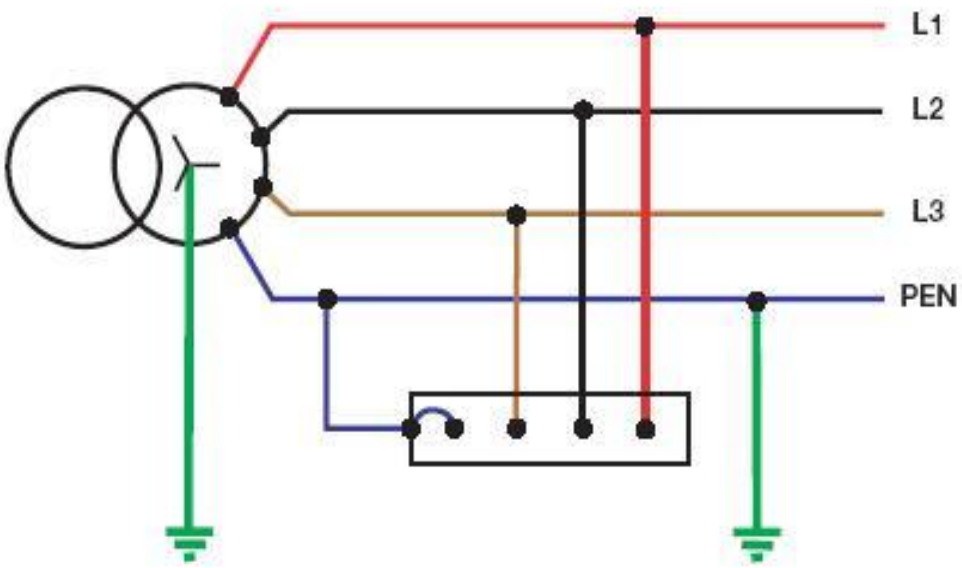
TT

انواع سیستم زمین



TN-S wiring diagram:

The neutral conductor and the protective conductor are separate.



TN-C wiring diagram:

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

TN-S

TN-C

مقایسه انواع سیستم زمین

	TN-C	TN-S	TT	IT(1)	IT(2)	Observations
safety						
■ of persons	+	+	+	++	-	Uc # 0 on 1st 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.

fig. 23: comparing the earthing system.

علامت + یعنی مناسب است و توصیه میشود و – یعنی مناسب نمیباشد وتوصیه نمی شود. علامت ++ یعنی خیلی خوب و علامت – – یعنی خیلی بد

مقایسه انواع سیستم زمین

- IT (1st fault): Id < 1 A;
- TT: Id ≈ 20 A;
- TN: Id ≈ 20 kA;
- IT (2nd fault): Id ≈ 20 kA.

		Id	Ud
TN		$\frac{0.8\ Uo\ Sph}{\rho\ (1+m)\ L}$	$\frac{0.8\ Uo}{1+m}$
TT		$\frac{Uo}{Ra + Rb}$	$\frac{Uo\ Ra}{Ra + Rb}$
IT	1st fault	< 1 A	<< U_L
	Double fault with neutral	$\leq \frac{1}{2}\ \frac{0.8\ Uo\ Sph}{\rho\ (1+m)\ L}$	$\leq \frac{m}{2}\ \frac{0.8\ Uo}{1+m}$
	Double fault between phases	$\leq \frac{\sqrt{3}}{2}\ \frac{0.8\ Uo\ Sph}{\rho\ (1+m)\ L}$	$\leq \frac{m\sqrt{3}}{2}\ \frac{0.8\ Uo}{1+m}$

Remember that:

- $\rho = 22\ 10^{-6}\ \Omega/mm^2/m$ for Cu (36 for Al);
- $m = \frac{Sph}{S_{PE}}$;

Fig. 15 : characteristic quantities of earthing systems.

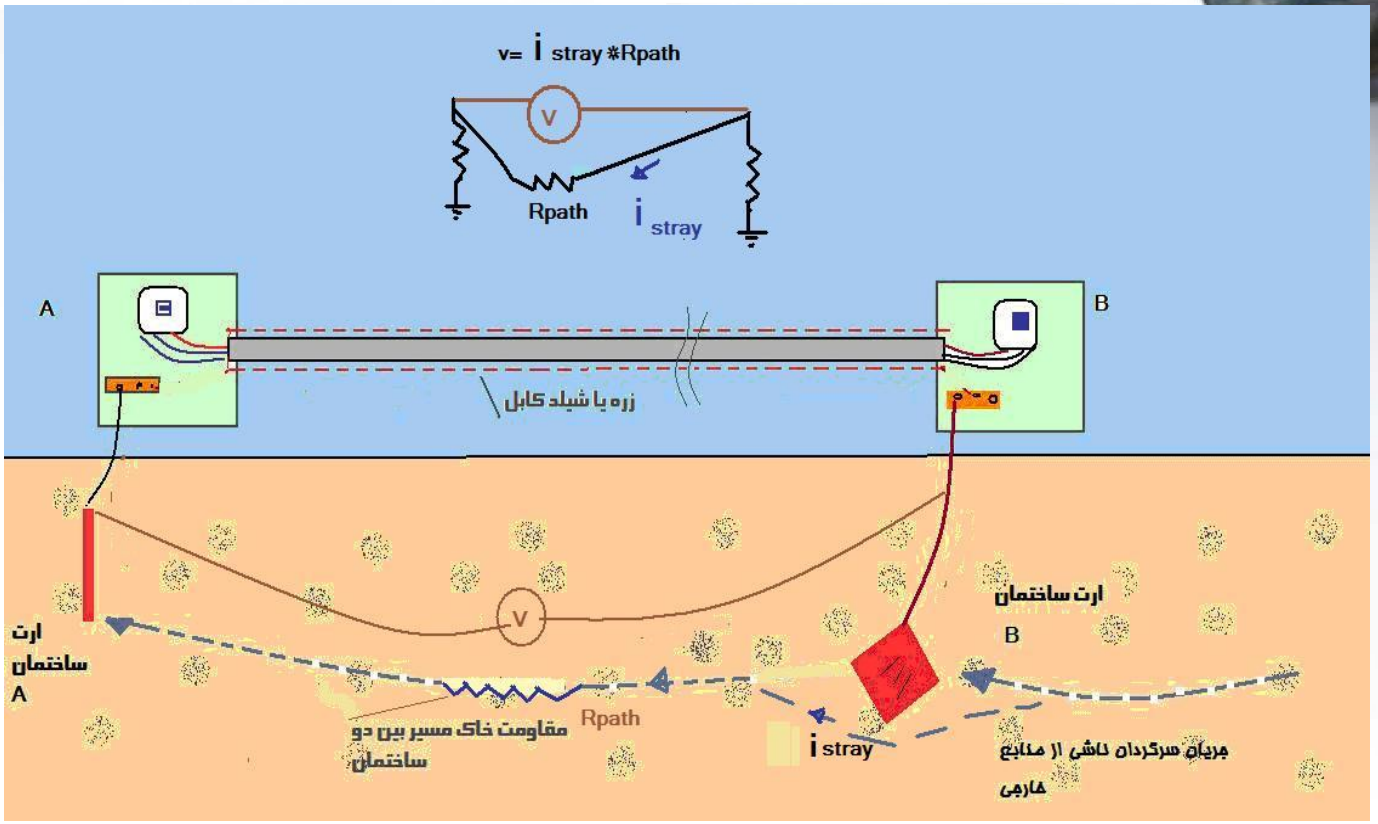
–جریان اتصال کوتاه در TNبسیار بالاست و این خوب نیست

–جریان اتصال کوتاه اول در TT حتی از جریان نامی هم میتواند کمتر باشد

در TNسایز سیم زمین نسبت به سیم فاز مهم است وهرچه مقطع سیم فاز از سیم ارت بزرگتر باشد بهتر است

سازوکار القای پتانسیل در زره کابل

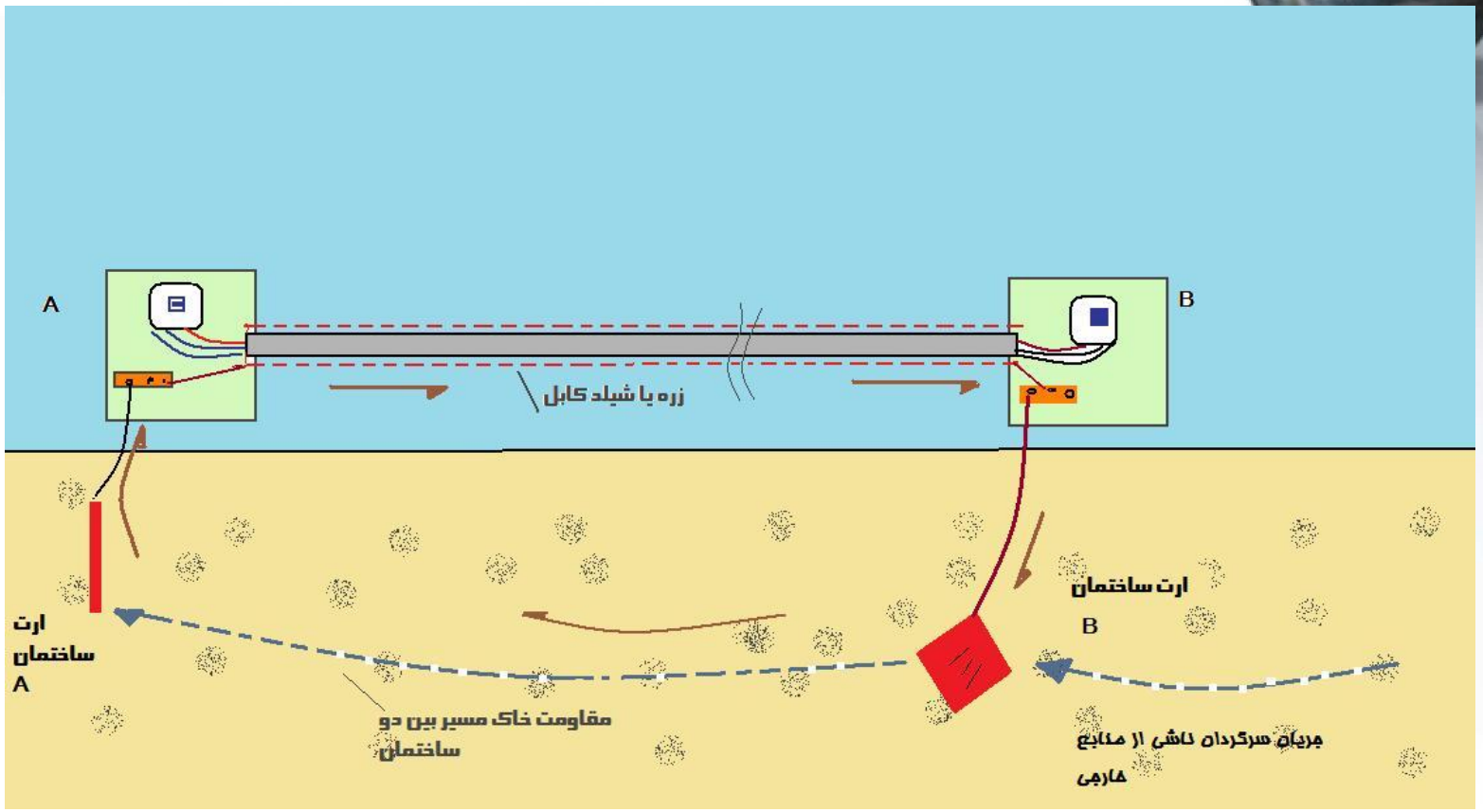
دو ساختمان که دارای ارت جداگانه هستند و بین آنها ارتباط کابلی وجود دارد



در شکل فوق ،جریان سرگردان از منابع خارج از ایـن دو ساختمان در زمین عبورکرده و با عبور از سیستم زمـین های مجزای دو ساختمان باعث ایجـاد اخـتلاف پتانسـیل بین دو سیستم زمین میگردد

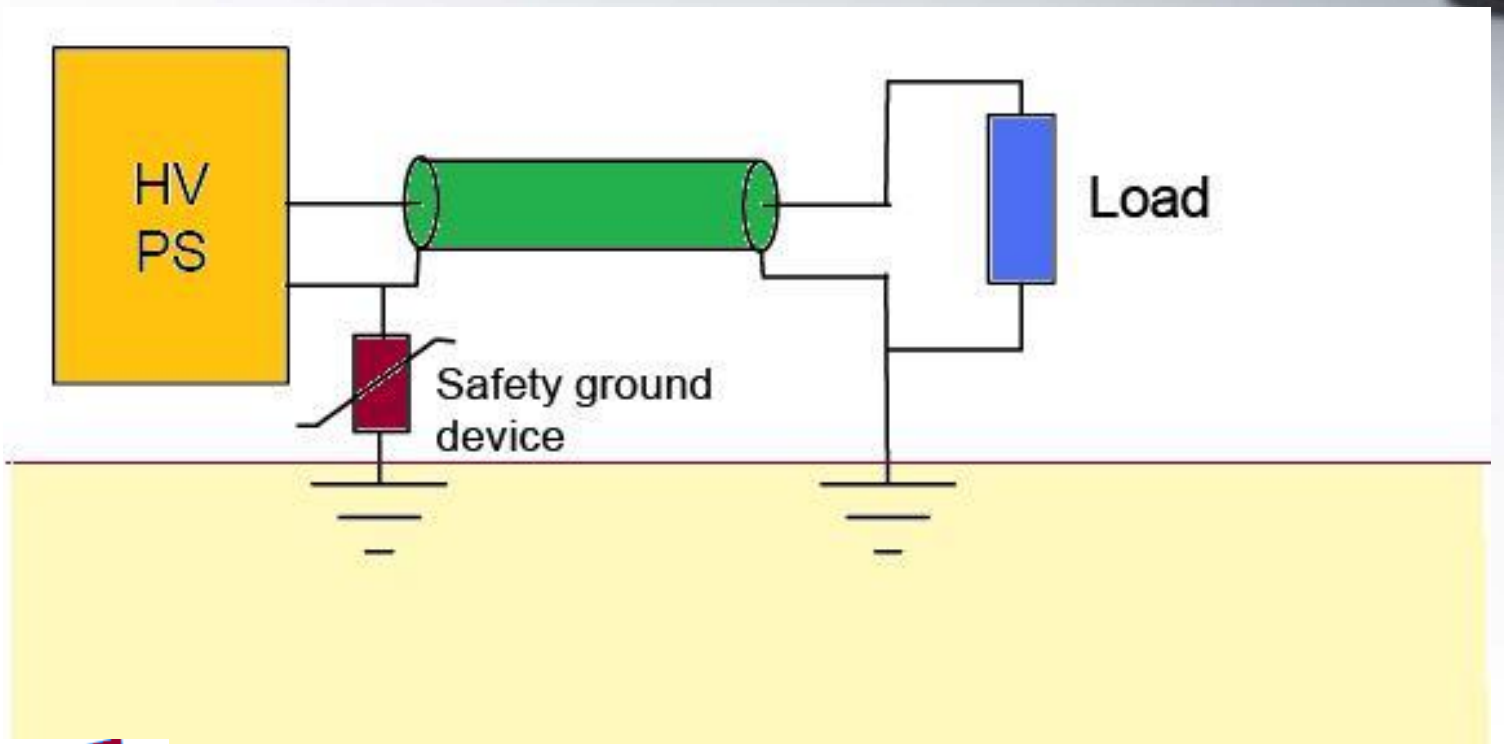
سازوکار القای پتانسیل و عبور جریان در زره کابل

دو ساختمان که دارای ارت جداگانه هستند و بین آنها ارتباط کابلی وجود دارد



–اگر بین این دو ساختمان مانند شکل فوق هرگونه ارتباط کـابلی یا شبکه هوائی وجود داشته باشد اختلاف پتانسیل ناخواسته ناشی از جریان سرگردان که بین دو شبکه ارت وجود دارد باعث عبور جریان نویزی و ناخواسته از شیلد و زره کابل و یا سیم نول شـبکه هوائی خواهد شد .

بررسی ارت کردن دو طرف زره کابل

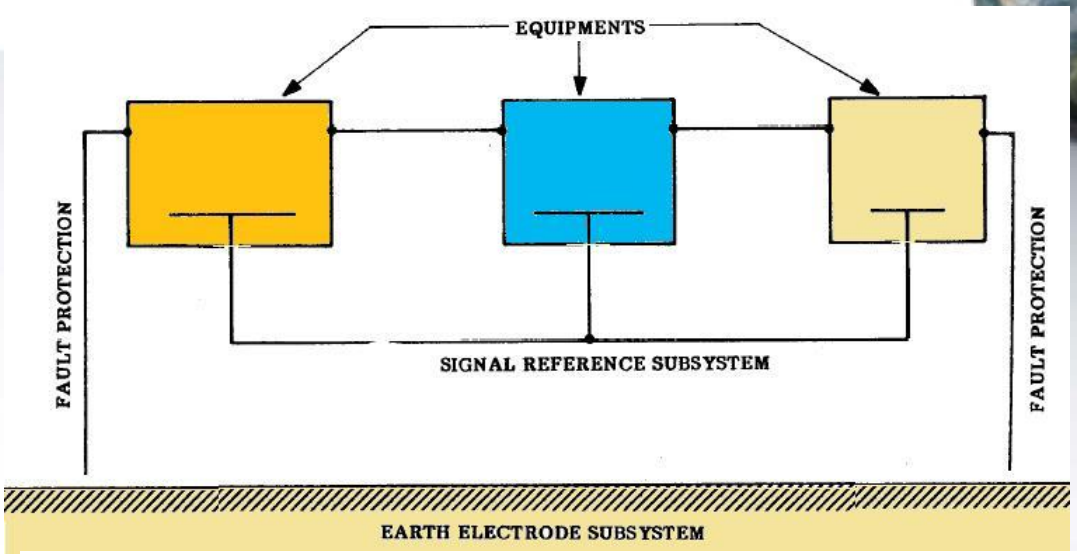


یکی از راه حل های مشکل عبور جریان ناخواسته از – زره کابل و القای آن به هسته اصلی کابل ، ارت کردن یک طرف از طریق سرج ارستر میباشد.

سیستم زمین تک نقطه و چند نقطه

– سیستم ارت ایزوله یا شناور

Floating earth



– سیستم ارت تک نقطه

Single point

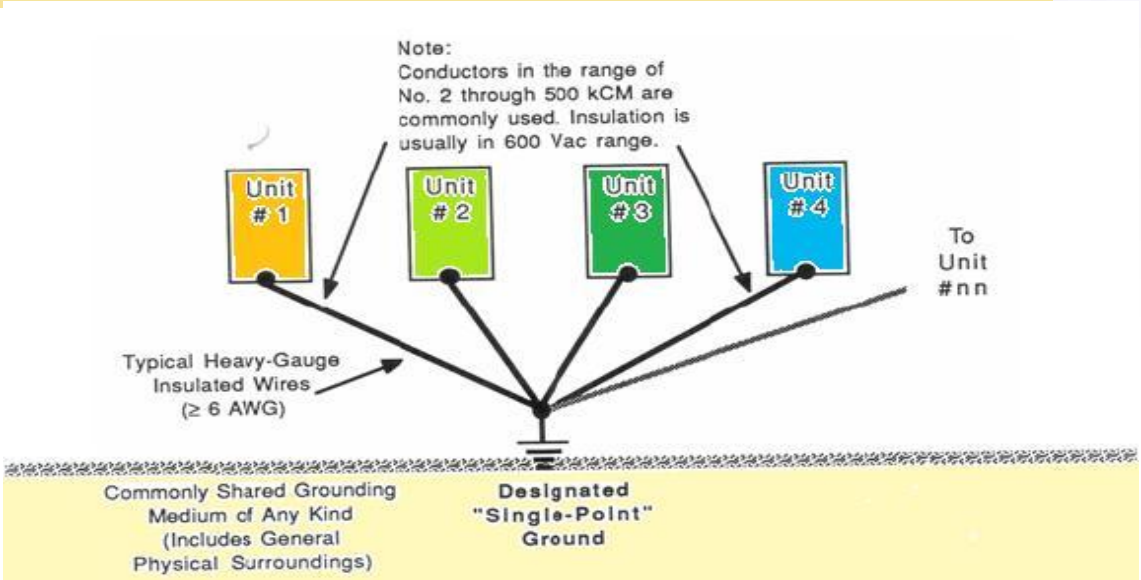


Figure 2.5: Single point grounding configuration.

سیستم زمین تک نقطه و چند نقطه

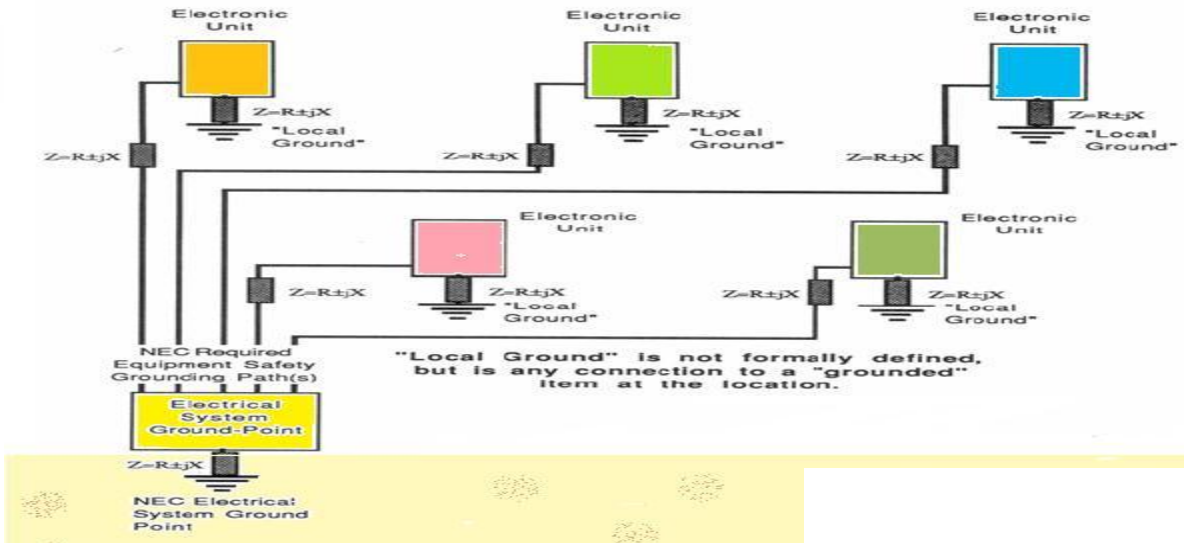
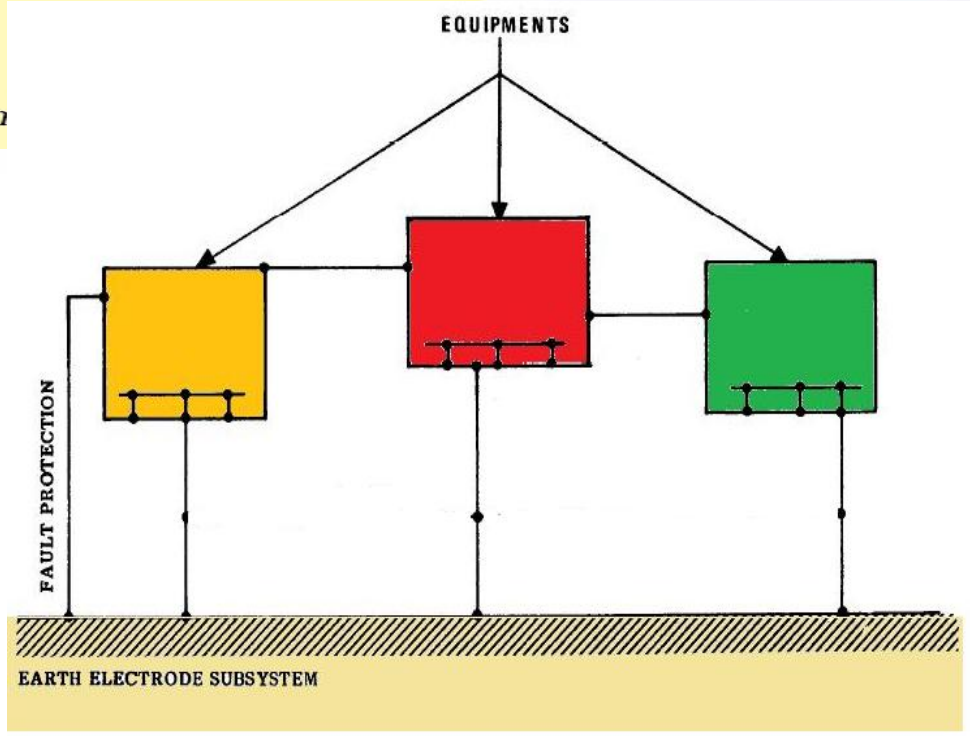


Figure 2.7: Multi point groun



Multiple point

سیستم چند نقطه

مقایسه بین سیستم زمین تک نقطه و چند نقطه

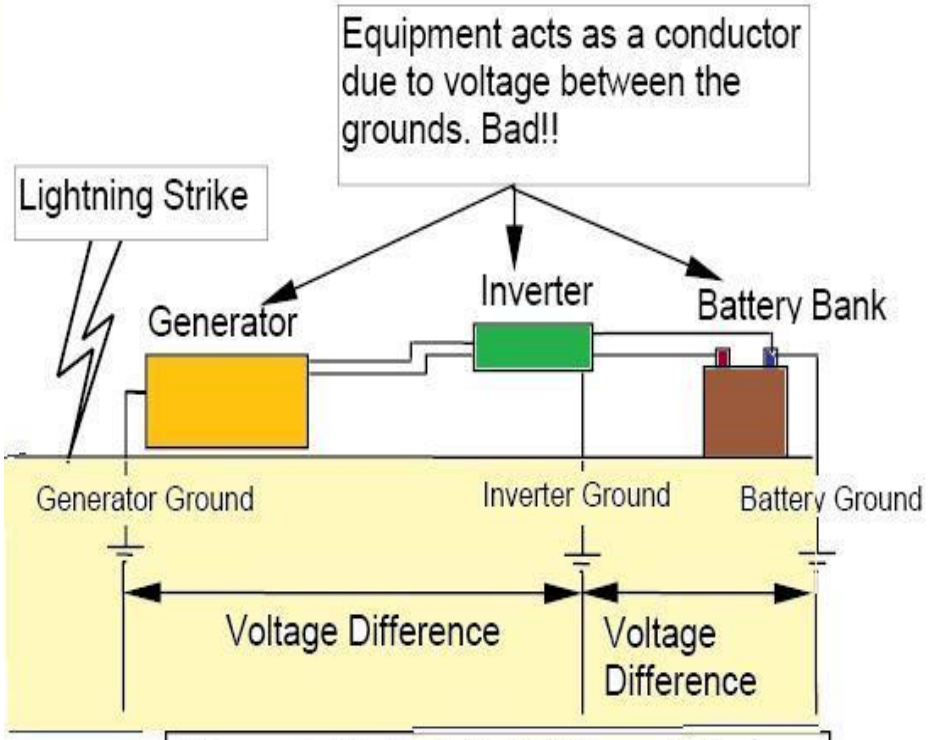


Figure 1- Multiple Point Ground System

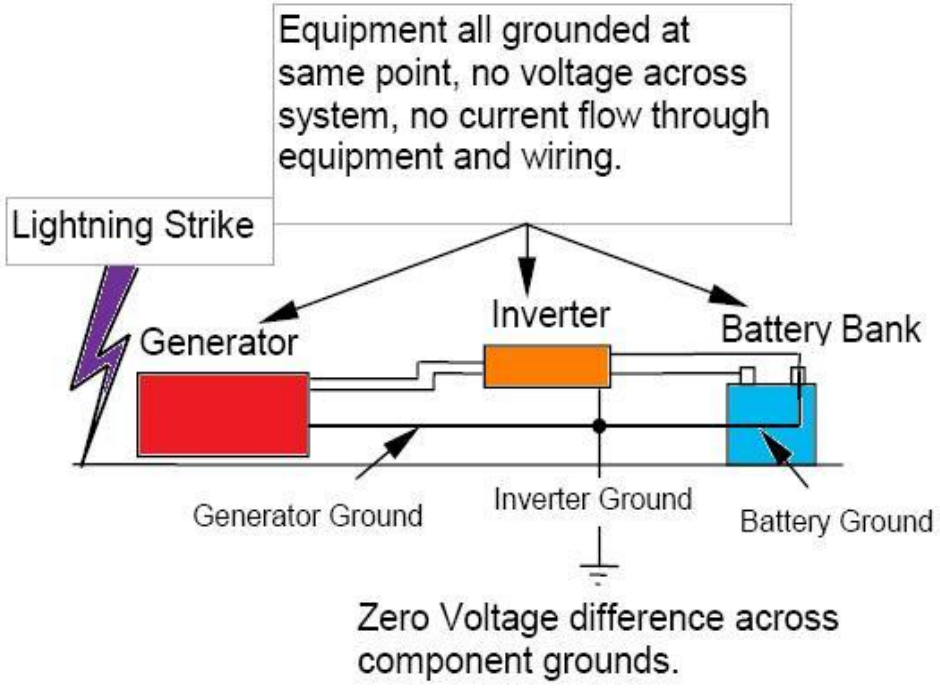


Figure 2- Single Point Ground System

در سیستم چند نقطه در صورت وقوع خطا مثل وقوع – صاعقه در شکل فوق اختلاف پتانسیلی بین تجهیزاتی که مجزا ارت شده به وجود خواهد آمد .

سیستم زمین تک نقطه

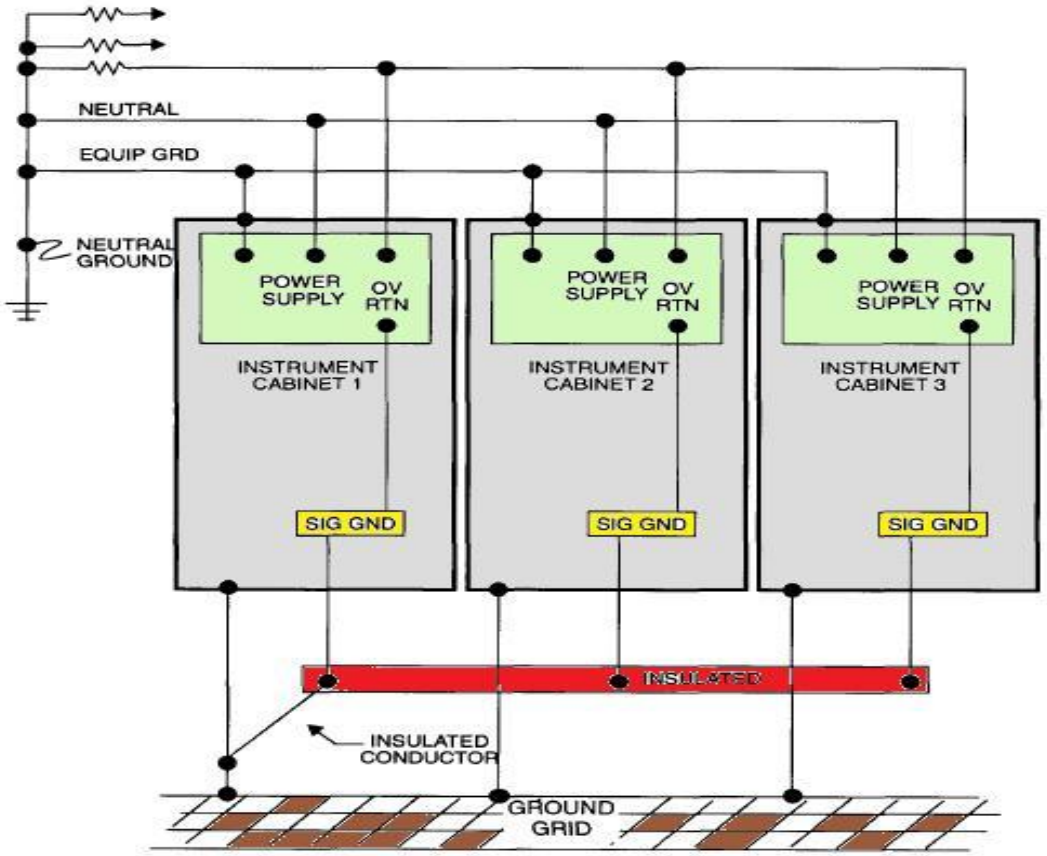


Figure 13—Single-point ground system for low-frequency signals with cabinets widely separated

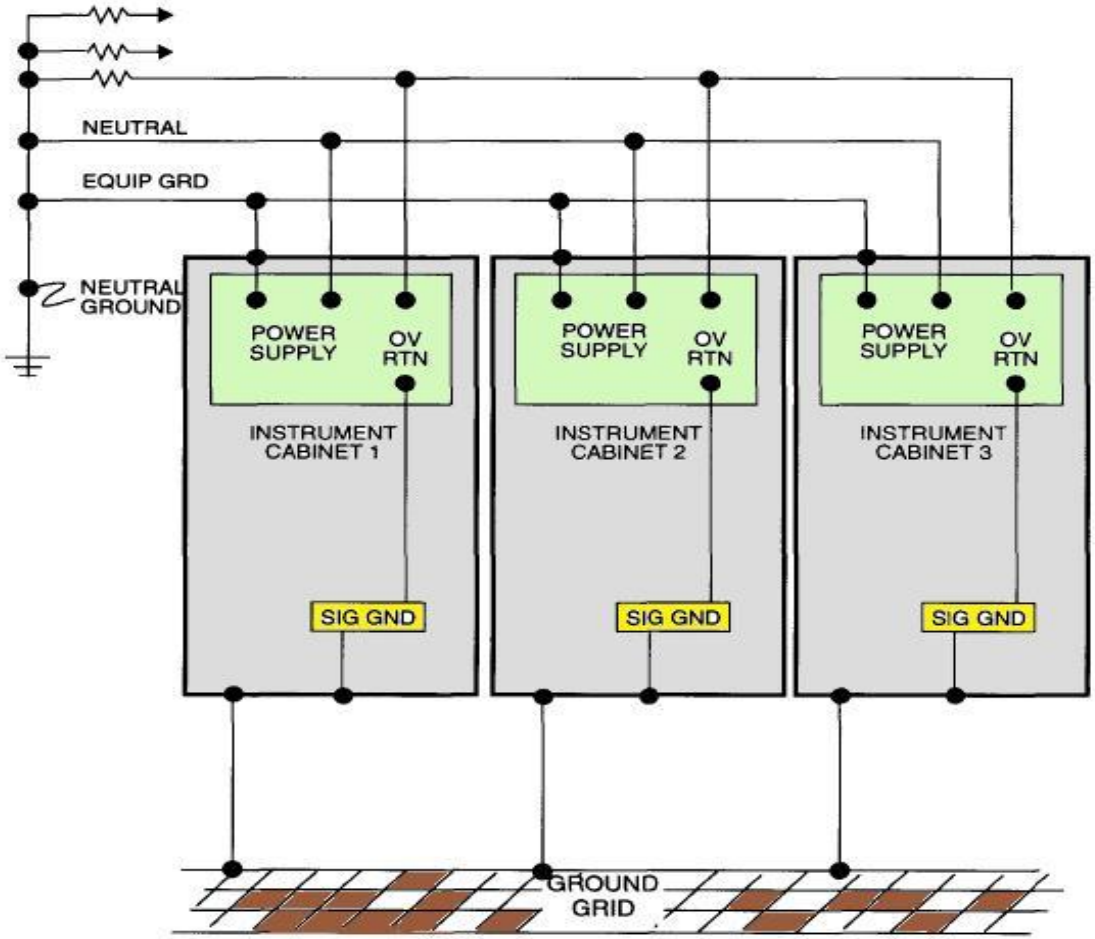
سیستم تک نقطه روش بسیار موثری جهت تجهیزاتی است که در فرکانس های ۳۰۰ کیلو هرتز به پایین کار میکنند

عیب این سیستم این است که در فرکانس های بالا که طول موج سیگنال کم شده و به حدود ابعاد تجهیزات یا طول کابل ها میرسد کارایی ندارد

the signal circuit to the station ground at only one point. This grounding method is very effective and is adequate when dealing with equipment operating at frequencies below 300 kHz. (Various sources place this frequency at anywhere between 100 kHz and 10 MHz. The equipment manufacturer should be consulted for each specific installation.)

A disadvantage of the system is that it is ineffective at high frequencies where signal wavelengths approach the equipment enclosure dimensions or the ground cable length. As equipment dimensions or ground cable

سیستم زمین چند نقطه



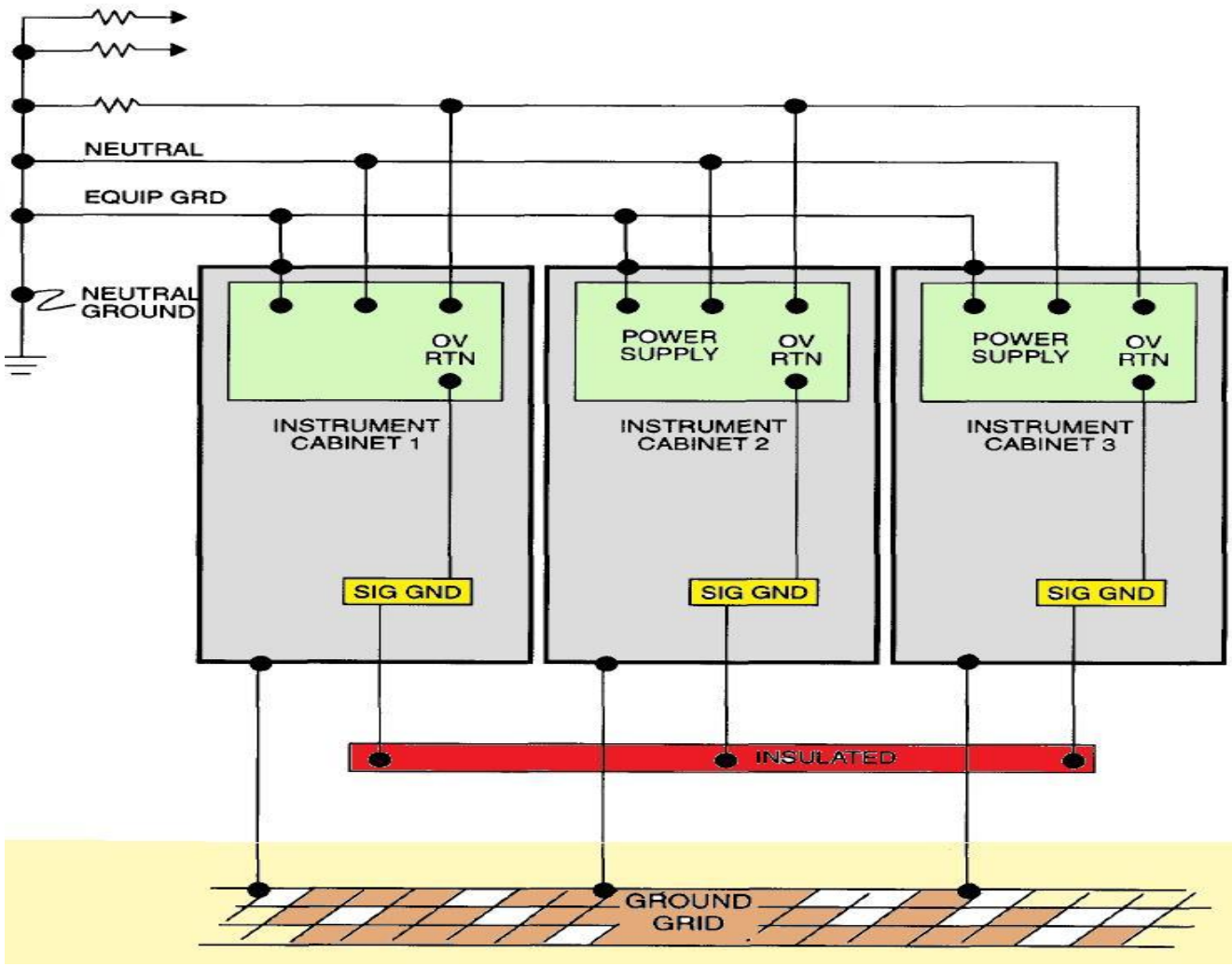
سیستم چند نقطه روش بسیار موثری جهت تجهیزاتی است که در فرکانس های بالاتر از ۳۰۰کیلو هرتز کار میکنند.در این سیستم هر تجهیزی بلافاصله د رنزدیکترین نقطه زمین میشود.

عیب این سیستم این است که ممکن است بین زمین و اتصالات تشکیل حلقه دهد و موجب تولید نویز حالت مشترک گردد.

Figure 15—Multiple-point ground system for high-frequency signals

A multiple-point ground system should be considered when grounding equipment that operates at frequencies over 300 kHz, or when long ground cables are used (see figure 15). Each circuit is connected to ground at the closest point rather than routing all ground conductors to a single ground point. The advantages of this system are that circuit construction is easier, and that standing wave effects in the ground system at high frequencies are avoided. However, the system needs to be well maintained to overcome the effects of corrosion, vibration, and temperature change. Another disadvantage is that the system may create multiple ground loops that may cause inadvertent common mode noise.

سیستم زمین شناور



سیستم ایزوله یا شناور جهت ایزوله بعضی تجهیزات حساس از سیستم زمین مشترک استفاده میشود .به عبارتی در این روش حلقه ناخواسته و نویز تشکیل نخواهد شد اما معایبی از جمله جمع شدن بار ساکن و یا تخلیه مخرب آن را خواهد داشت (چون باس بار ایزولار دقیق ارت نشده)

The floating ground system is used to isolate circuits or equipment electrically from a common ground plane or from common wiring that might introduce circulating currents and produce common mode noise. It is implemented by electrically interconnecting the signal grounds, yet isolating them from a common ground plane (see figure 17). A hazard of this system is that static charges may accumulate and eventually cause a destructive or noise-producing discharge current to flow. It is usually advisable to implement this system with a bleeding resistor connected to ground to avoid the buildup of static charges.

سیستم زمین مدارات کنترلی فرکانس کم

تجهیزات بسیار حساس با ولتاژ عملکرد خیلی کم

5.4 Grounding of low-frequency control circuits based on susceptibility

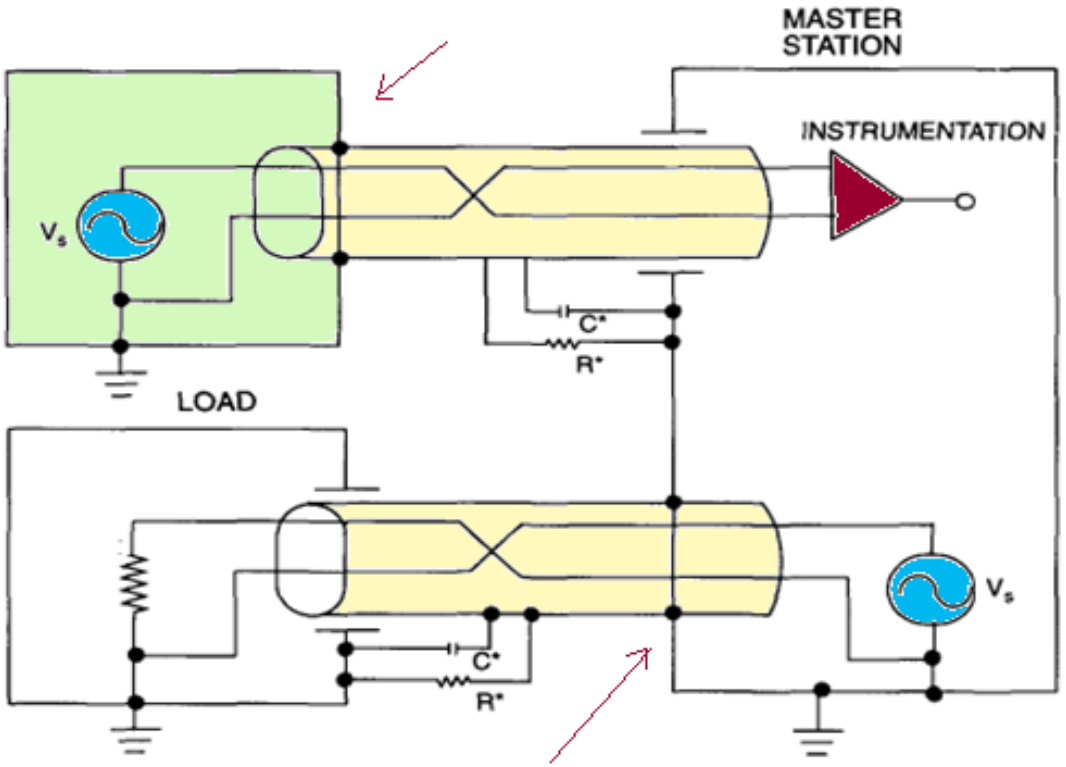
5.4.1 Grounding for high-susceptibility control circuits

High-susceptibility control circuits are those circuits with low voltage levels (analog input voltage between 5 mV and 1000 mV, thermocouples being the most common). These circuits are extremely susceptible to noise sources, such as common mode voltages, crosstalk, and electric and magnetic fields. Extension wiring on these circuits should be individually twisted and shielded. Whenever practical, these circuits should be installed in conduit, so that they are not subjected to excessive flexing or bending that might change their characteristics. Figure 18 shows a typical example of how such circuits should be shielded and then grounded at the source end of the shield. Individual shields should be grounded separately.

این سیستم ها بسیار به نویز و میدانهای الکتریکی و مغناطیسی حساس هستند و تا آنجا که ممکن است بایستی کابل و سیم ها درون کاندوییت قرار گیرند.سطح ولتاژ ورودی انالوگ آنها بین ۵ تا ۱۰۰۰ میلی ولت است

سیستم زمین مدارات کنترلی فرکانس کم

تجهیزات بسیار حساس با ولتاژ عملکرد خیلی کم



C*: CAPACITANCE TO ACT AS SHORT AT HIGH
R*: OPTIONAL RESISTANCE OR SURGE SUPPRESSION DEVICE

Figure 18—General control signal grounding

در این نوع سیستم ها شیلد (در شکل بالا کاندوئیت) در یکطرف و معمولا درسمت منبع زمین میشود .شیلدهای جدا نیز به صورت مجزا گراند شده اند

سیستم زمین مدارات کنترلی فرکانس کم

تجهیزات کمتر حساس

5.4.3 Grounding for low-susceptibility control circuits

The following is a list of low-susceptibility control circuits:

a) Analog output current (current source): 4 mA < I < 20 mA
b) Analog output voltage (voltage source): 0V < V < 10V
c) Digital output voltage: 5 V, 24 V, 28 V, 48 V
d) Digital output contact: (dry or mercury-wetted contact)
e) Digital input voltage: 5 V, 24 V, 28 V, 48 V
f) Digital input contact: (dry or mercury-wetted contact)

These circuits are less susceptible to the noise sources, such as common mode voltages, crosstalk, and electric and magnetic fields. Extension wiring on these circuits should be individually twisted pairs with an overall shield (one per cable). They need not be installed in conduit. These circuits should be grounded as shown in figure 18. Shielding and grounding should be identical to the method described for high-susceptibility control circuits.

مدارات کنترل فوق از انواع سیستم های کمتر حساس هستند.در این نوع سیستم ها سیم کشی حتما باید با سیم جفت تابیده TWISTED PAIRS انجام شود و یک شیلد اضافه نیز داشته باشد.این سیستم ها نباید داخل کاندوییت قرارگیرند .طریقه گراندینگ انها نیز مانند سیتم قبل در شکل ۱۸ است

سیستم زمین مدارات کنترلی فرکانس بالا

5.5 Grounding for high-frequency signals

High-frequency signals in an I & C system are generally signals with a high susceptibility to noise. These are video signals (e.g., video signals to CRTs) that are transmitted on coaxial cables. The cables can be grounded or floated at either end. Shielded cables for low-frequency signals cannot be used to transfer RF signals.

Isolation transformers are generally used when CRTs are remote and referenced to a grounding point different from the display generator.

در یک سیستم کنترل و ابزاردقیق با سیگنال های فرکانس بالا مثل سیگنال هلی ویدئو که با کابل های کواکسیال منتقل میشوند دارای حساسیت بسیار بالایی نسبت به نویز هستند.

این کابل ها میتوانند گراند شوند یا شناور باشند (ارت نشوند) .کابل های شیلد دار که برای سیگنال های فرکانس کم استفاده میشوند نباید برای این سیگنال های RF رادیویی و تلویزیونی استفاده شوند.

تمهیدات مربوط به کابل های سیگنال شیلده

6.1 Cable shield requirements

In general, cable shields should be connected to ground at both ends when the conductor length to signal wavelength ratio (L/λ) is greater than 0.15). This is a result of the shield becoming a relatively efficient antenna when $L = \lambda/4$ if only one end of the shield is connected to ground. Connecting the cable shield to ground at only one end is effective mainly for low-frequency signals where the cable run is relatively short.

Connection of the shield to ground at multiple points rather than just at the ends may be required to prevent resonance effects. Although multiple-ground points can be effective, grounding a shield at intermediate points increases the possibility of cable damage during installation and may make the cable more susceptible to moisture damage.

در حالت کلی کابل های شیلده وقتی که نسبت طول کابل به طول موج سیگنالی که کابل عبور میدهد L/λ بزرگتر از ۰/۱۵ باشدبایستی در هردو طرف زمین شوند.

احبار فوق به این خاطر است که اگر مثلا نسبت طول کابل به طول موج سیگنال ۰/۲۵ باشد که بزرگتر از ۰/۱۵ است (L=λ/4) اگر یک طرف این کابل زمین شود شیلد کابل مانند یک آنتن عمل میکند و موجب جذب میدانهای ناخواسته میشود لذا صرفا کابل های حامل فرکانس های کم (طول موج بالا) و برای طول کابل کم شیلد در یک طرف زمین میشود.

سیستم زمین سیگنال مرجع

Signal Reference Grid (SRG)

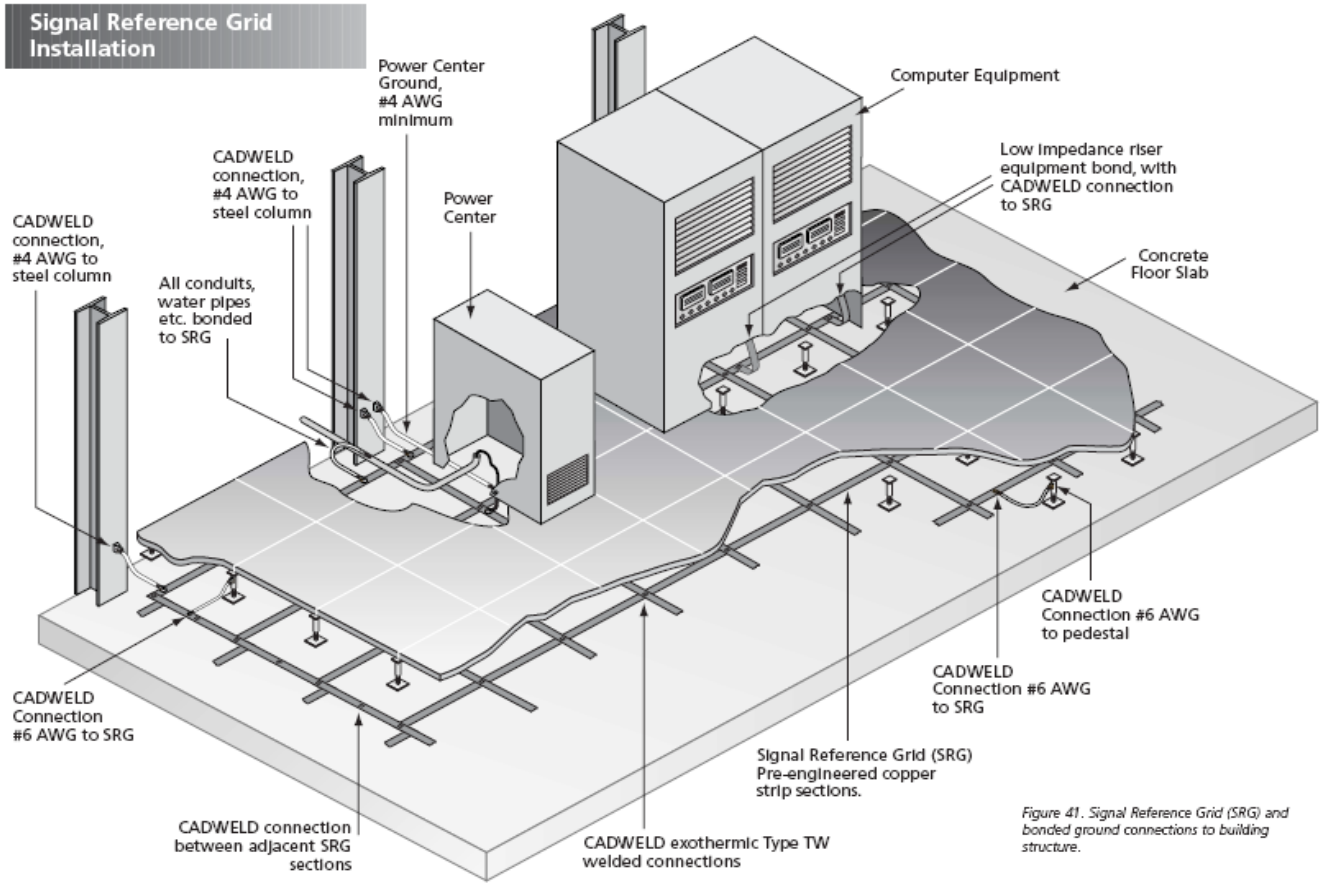


Figure 41. Signal Reference Grid (SRG) and bonded ground connections to building structure.

ما برای وصل کردن آمدیم نی برای فصل کردن آمدیم–

سیستم زمین تک نقطه و چند نقطه

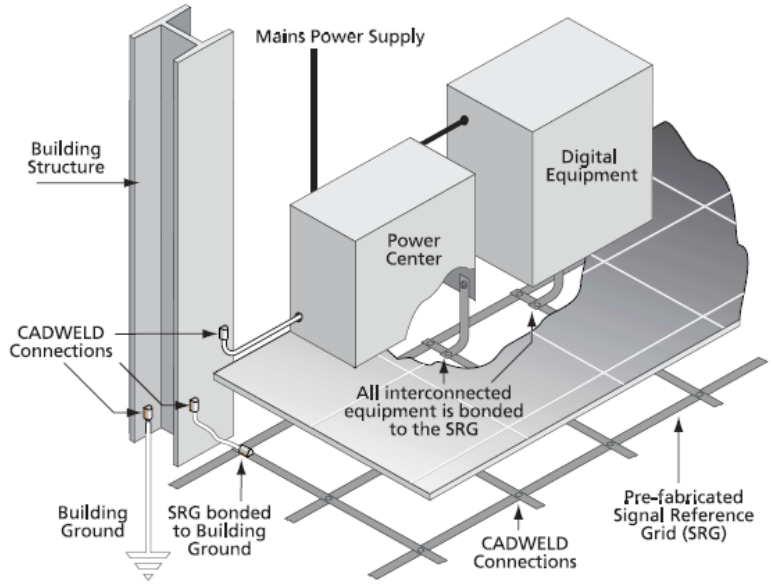


Figure 39. Signal Reference Grid with bonded connections to main building ground.

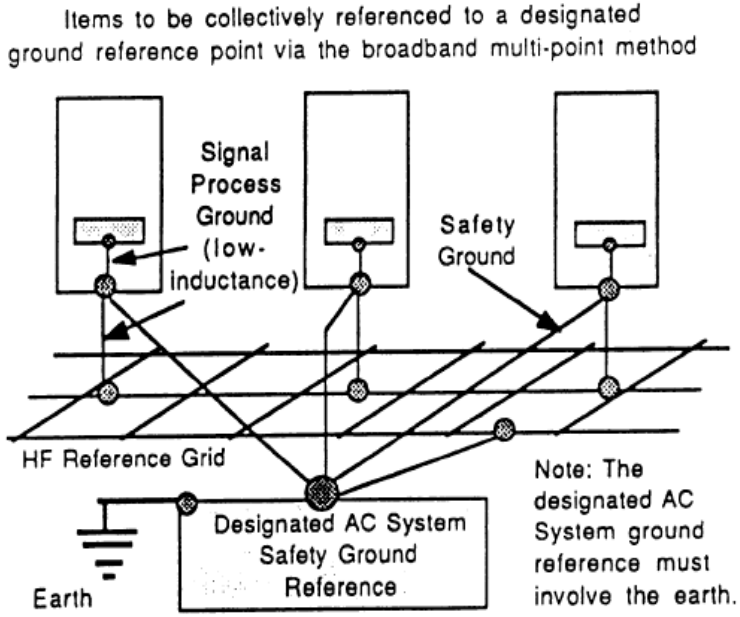


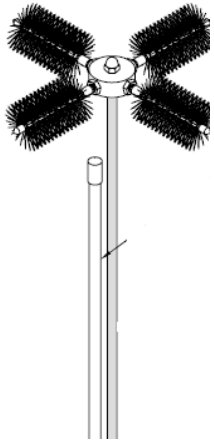
Figure 4-43—Recommended practice (simplified diagram) for dc—HF grounding of electronic systems powered from building ac power system

۲- حفاظت از صاعقه

- انواع صاعقه گیر
- حفاظت اولیه و ثانویه
- روشهای طراحی
- سرج ارسترها

حفاظت در مقابل صاعقه

انواع صاعقه گیر



- صاعقه گیر فرانکلین یا قفس فاراده Franklin

در سال ۱۷۵۵ توسط دکتر بنیامین فرانکلین اختراع شد

- صاعقه گیر پیش انتشار یا
- early streamer emission
- یا الکترونیکی

در سال ۱۹۸۰سیستم پیش انتشار که به بر ق گیر الکترونیکی نیز موسوم است توسط اروپا به خصوص فرانسه به صنعت معرفی شد

- برق نگیر یا lightning prevention system

اولین بار در سال ۱۹۷۱ یعنی حتی قبل از برق گیر پیش انتشار معرفی گردید و در حال حاضر در تمامی کشورهای پیشرفته مثل آمریکا ژاپن ،روسیه کانادا سنگاپور غیر از کشورهای اروپایی استفاده میشود.

حفاظت در مقابل صاعقه

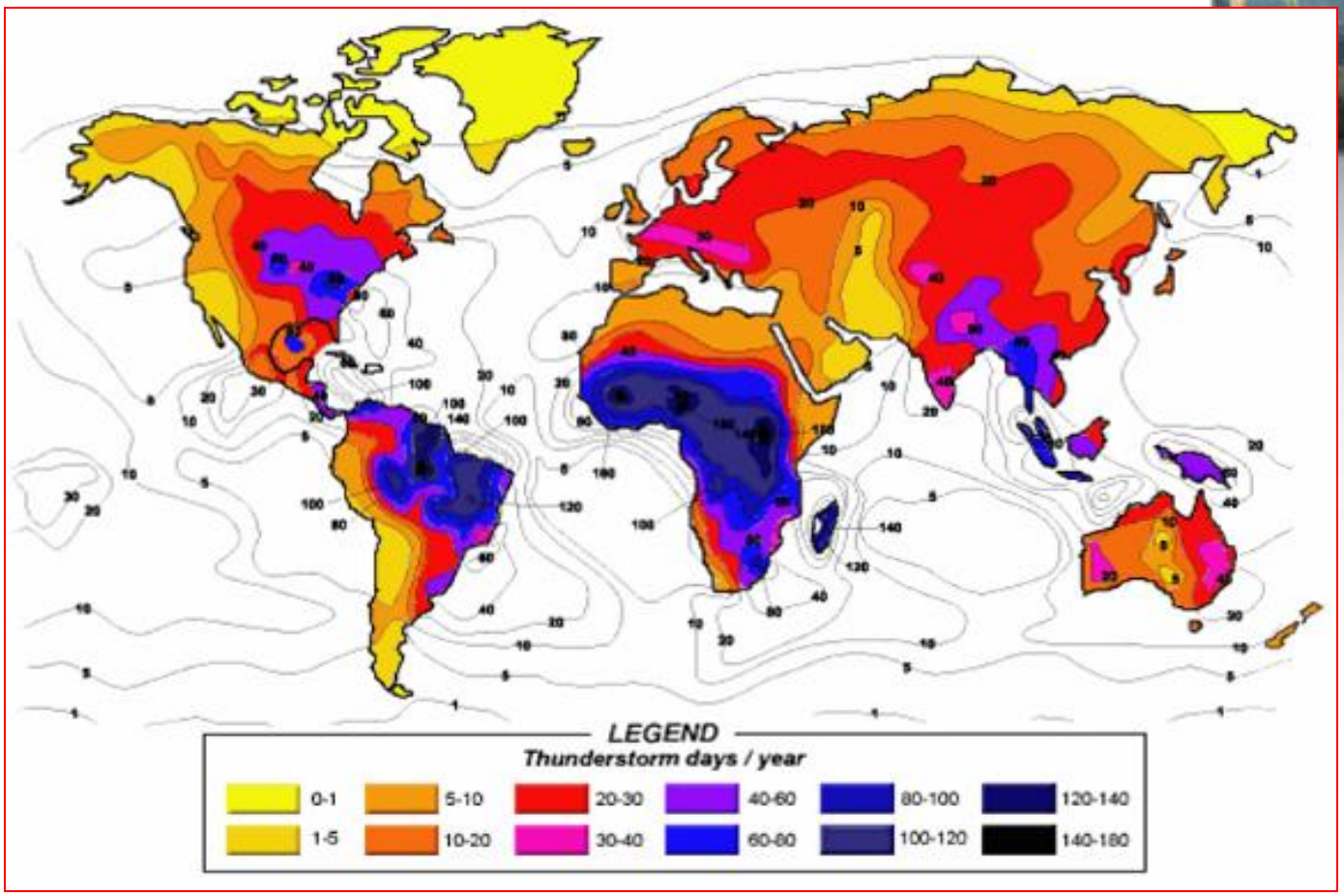
استانداردهای مرتبط با صاعقه گیر

- API-RP2003-1998: Protection against Ignitions Arising Out Of Static, Lightning and Stray Currents
- NFPA780-2000: Standard for the Installation of Lightning Protection Systems
- BS6651 -1999: Code of Practice for Protection of Structures against Lightning
- IPS-E-EL-100-Appendix I: Earthing, Bonding and Lightning Protection
- NFC 17-102-1995: Protection of Structures and Open Areas against Lightning Protection Using Early Streamer Emission Air Terminals
- IEC1024-1.1-1993: Protection of Structures against Lightning
- IEC61024-1.2-1998: Protection of Structures against Lightning
- IEC1312-1-1995: Protection against Lightning Electromagnetic Impulse
- JIS A4201-Japanese Industrial Standard: The protection of structures against lightning

IEC 1024 Updated to IEC62035-1 /2/3/4 - 2003

شرکت مهندسی ایرانیان

پراکندگی وقوع صاعقه در دنیا

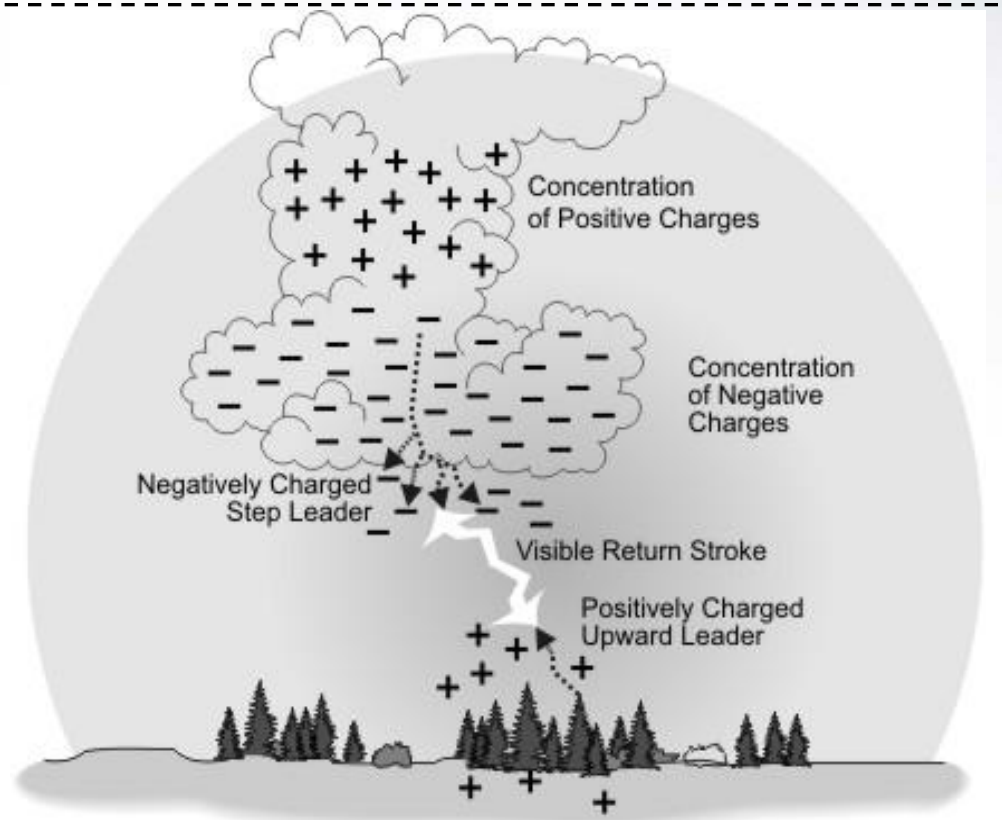


ایران جزو مناطق با کمترین صاعقه در سال است (۱ تا ۵ صاعقه در سال) البته مناطق جنوب غربی مثل بوشهر زیادتر است و ۵ تا ۱۰ صاعقه در سال دارد.

شرکت مهندسی ایرانیان Iranian Engineering Co.

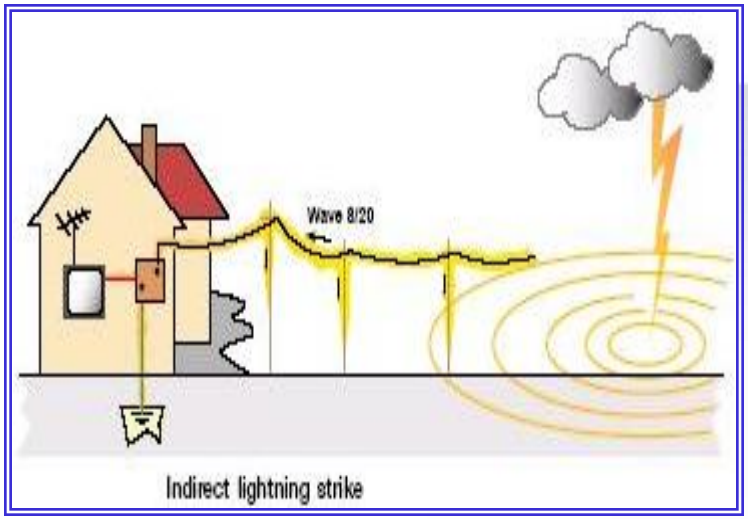
حفاظت در مقابل صاعقه

–پس از برخورد صاعقه به زمین یا ساختمان، وسایل الکترونیکی داخل ساختمانهایی که تا شعاع ۱/۵ کیلومتری از محل برخورد و در محدوده میدان الکترومغناطیسی ایجاد شده قرار دارند، در معرض خطر خواهند بود. حفاظت موثر این تجهیزات در مقابل ولتاژ های القایی حاصله وقتی امکانپذیر است که کلیه سیستم های حفاظت داخلی همراه با حفاظت خارجی ساختمان تواماً نصب شده باشند. حفاظت داخلی از صاعقه عبارتست از تهیه وسائلی که به کمک آنها بتوان اثرات اضافه ولتاژهای القایی حاصل از جریانهای صاعقه را بر روی تجهیزات داخل ساختمان خنثی کرد.



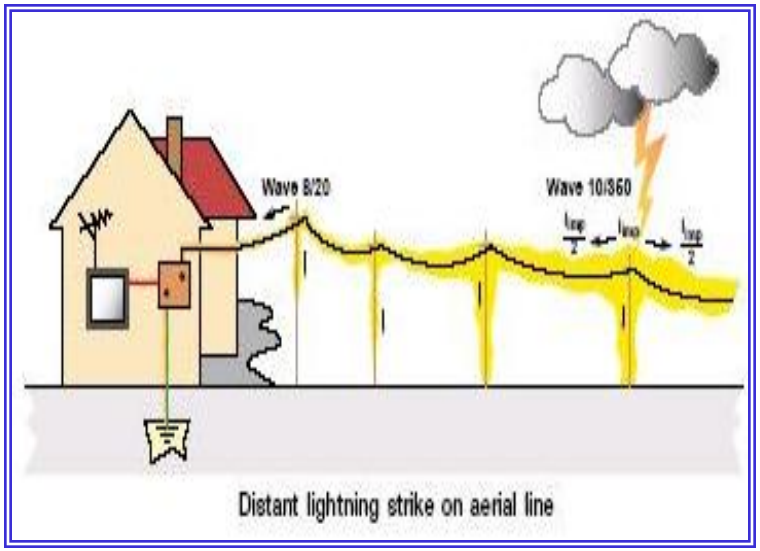
شرکت مهندسی ایرانیان

اثرات مستقیم و غیر مستقیم صاعقه



Indirect lightning strike

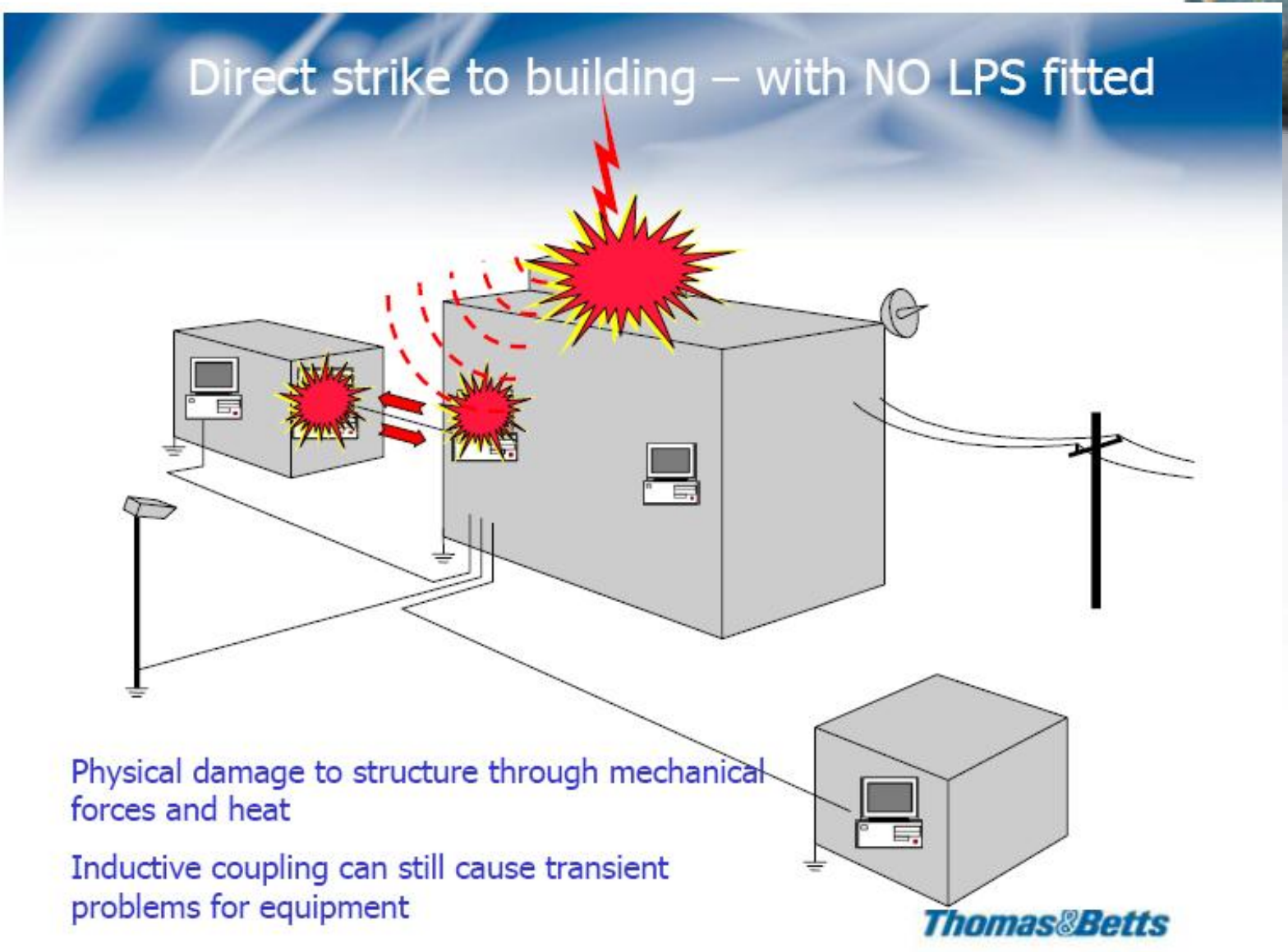
Direct lightning strike on a lightning rod



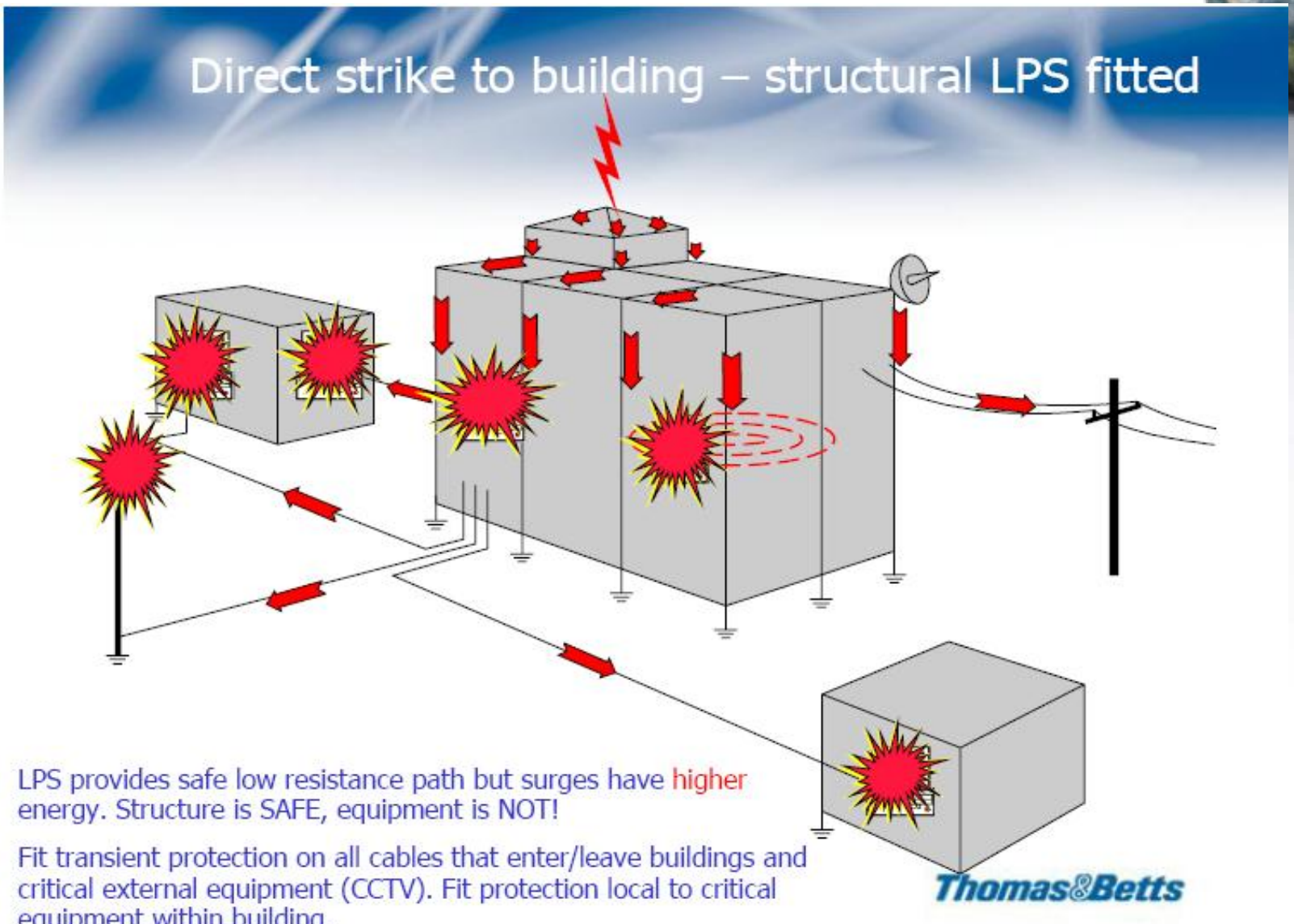
Distant lightning strike on aerial line

Indirect lightning strike

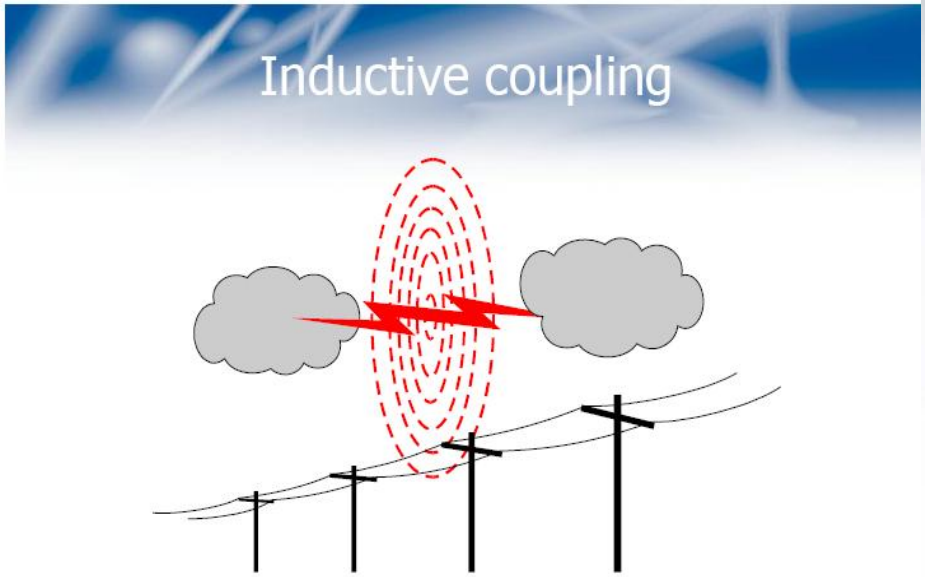
اثرات مستقیم و غیر مستقیم صاعقه

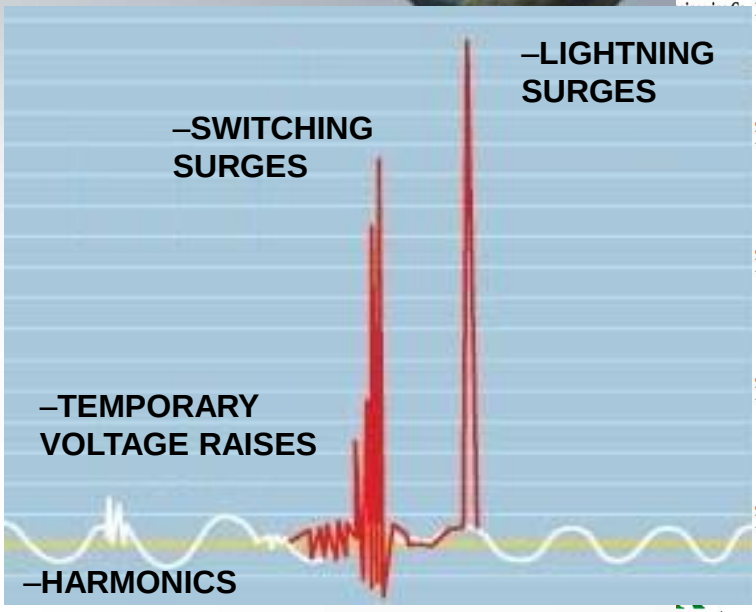


اثرات مستقیم و غیر مستقیم صاعقه



اثرات مستقیم و غیر مستقیم صاعقه

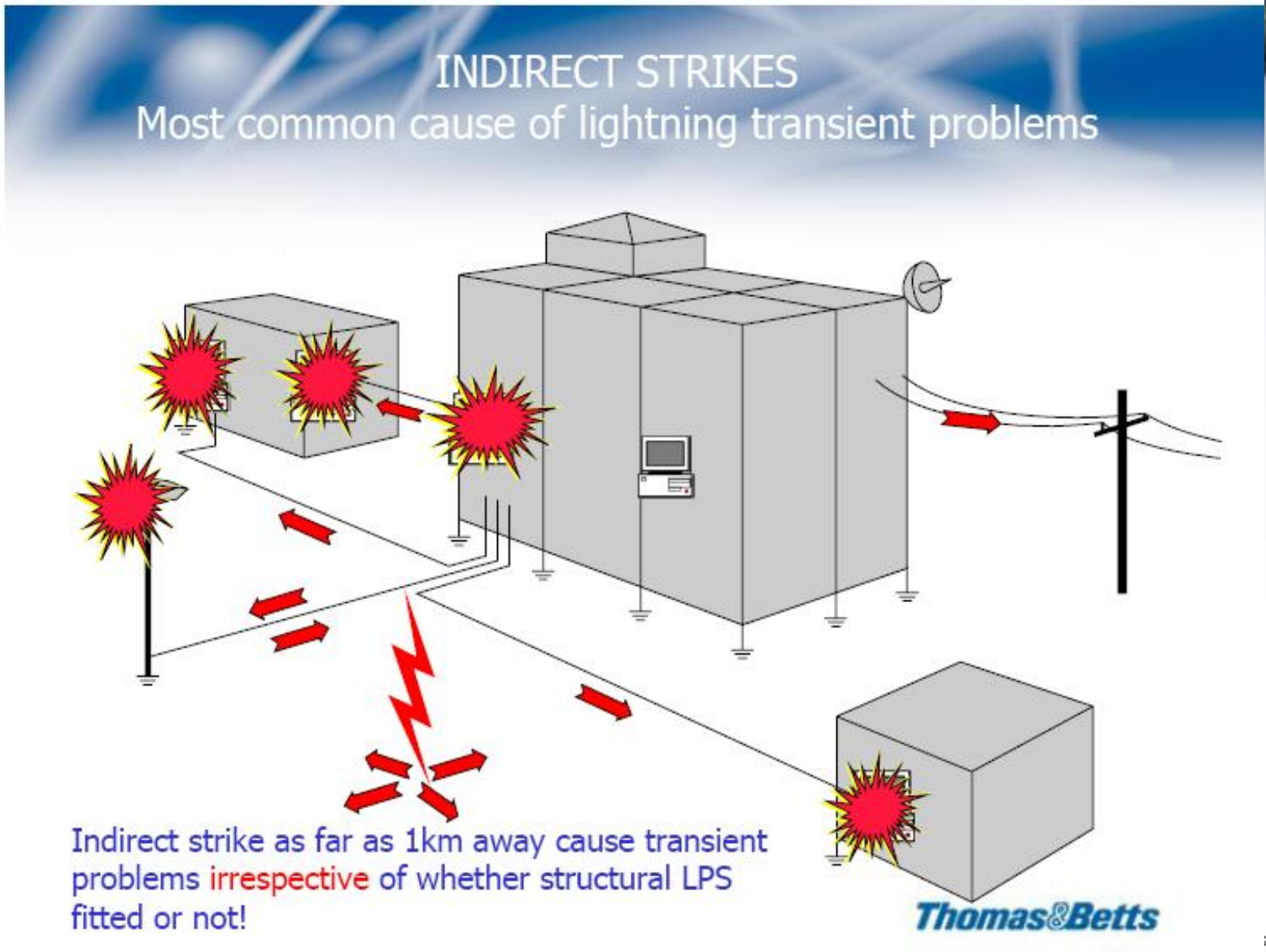




حتی تخلیه ابر به ابر هم در شرایطی میتواند روی خطوط انتقال قرار گرفته در ارتفاعات ایمپالس های قابل توجهی القا کند.

ایمپالس های ناشی از صاعقه بزرگترین سرجی است که روی سیستم انتقال و توزیع سوار میشود.

اثرات مستقیم و غیر مستقیم صاعقه



شرکت مهندسی ایرانیان Iranian Engineering Co.

حفاظت اولیه و روشهای سه گانه طراحی صاعقه گیر

First Step:

Lightning Risk Assessment if LPS is recommended and/or necessary then Lightning Protection Level LPL

اولین اقدام : ارزیابی ریسک و در صورت مثبت بودن ارزیابی ، تعیین سطح حفاظتی صاعقه

سطح حفاظت تاسیسات در برابر صاعقه LPLعددی بین ۱و۲و۳و٤ است ، اگر برای سازه ای مثلا عدد ۲ محاسبه و تعیین شود و صاعقه گیر بر مبنای آن طراحی شود قطعا این صاعقه گیر سطح ۳ را هم جواب میدهد ولی سطح ۱ را به هیچ وجه جواب نمیدهد ،

پس عدد کمتر تمهیدات در برابر صاعقه بیشتر

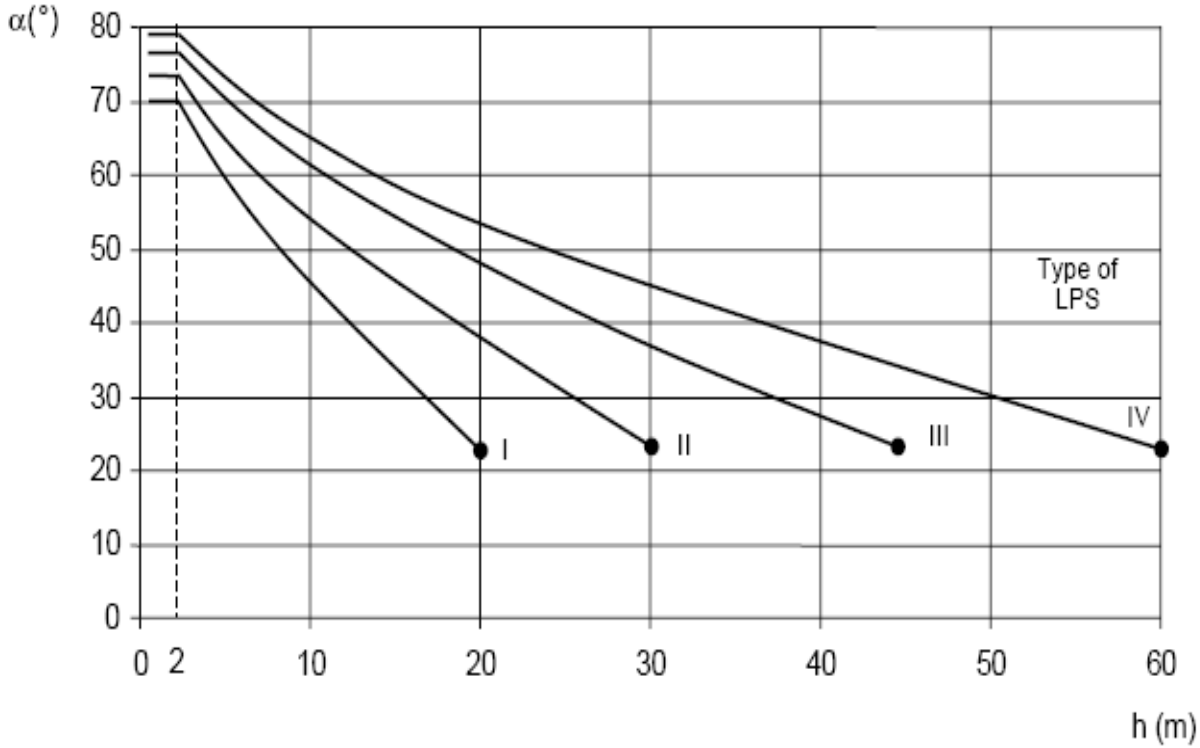
Table 2 – Maximum values of rolling sphere radius, mesh size and protection angle corresponding to the type of LPS (see 5.2.2)

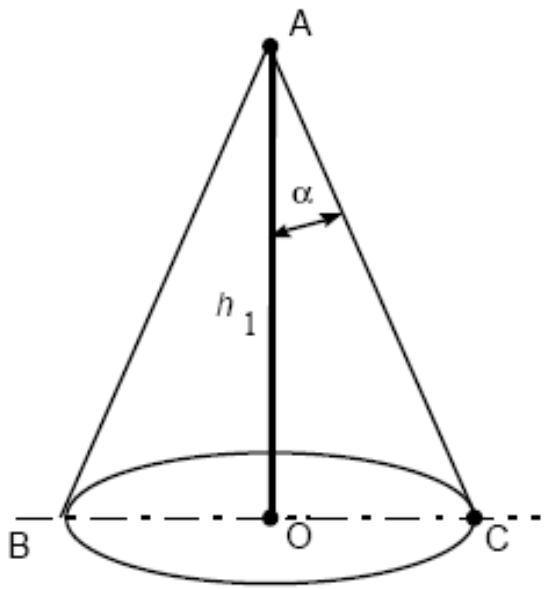
	Protection method		
Type of LPS	Rolling sphere radius *R* m	Mesh size *M* m	Protection angle α°
I	20	5 x 5	See figure below
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	

حفاظت در مقابل صاعقه

Protection Area calculation by Angle Method

محاسبه شعاع پوشش حفاظتی به روش زاویه





NOTE 1 - Not applicable beyond the values marked with •. Only rolling sphere and mesh methods apply in these cases.

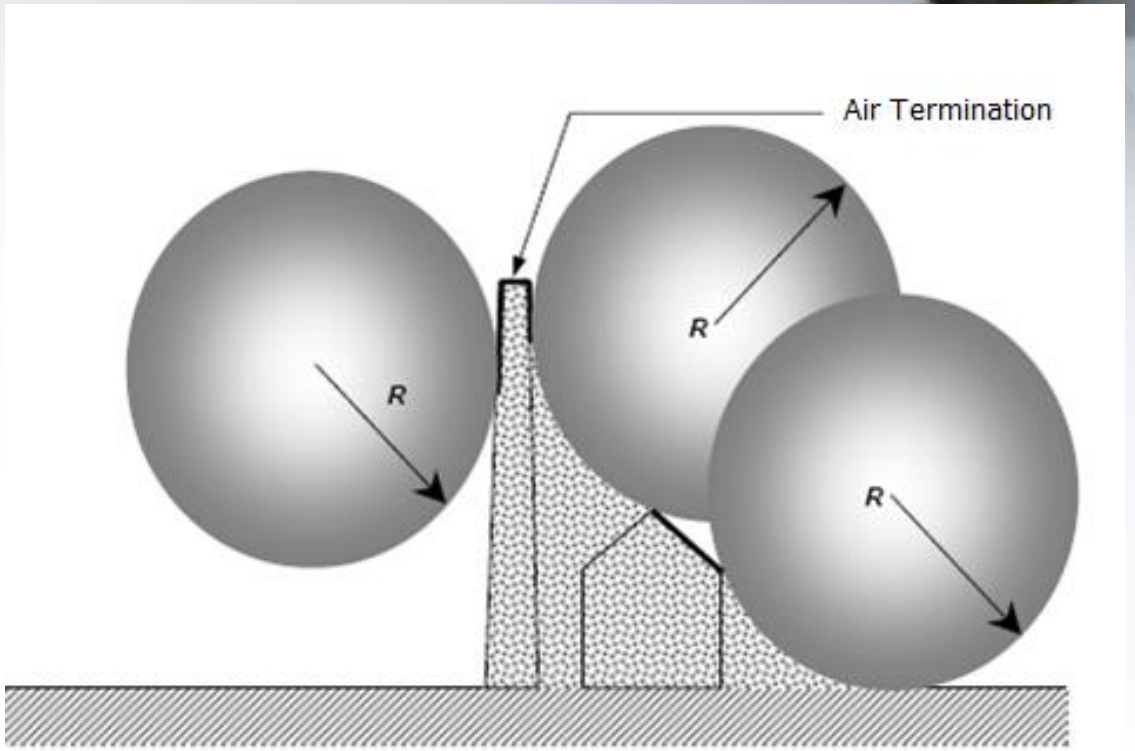
NOTE 2 - *h* is the height of air–termination above the area to be protected.

NOTE 3 - The angle will not change for values of h below 2 m.

Rolling Sphere Method

طراحی صاعقه گیر به روش گوی غلطان

گوی یا کره های فرضی به شعاع مشخص شده در جدول ۲ استاندارد IEC با بخش های فلزی سازه ها ،برقگیر ،و زمین مماس میکنیم ،سازه تحت حفاظت حتما بایستی زیر این کره یا کره ها ها قرار گیرد و بیرون از آن یا داخل آنها نرود.



R Radius of the rolling sphere according to table 2

NOTE – Air-termination LPS conductors are installed on all points and segments which are in contact with the
rolling sphere, whose radius complies with the selected lightning protection level.

Figure F.16a – Design of an LPS air-termination according to the rolling sphere

شرکت مهندسی ایرانیان

Rolling Sphere Method طراحی صاعقه گیر به روش گوی غلطان

دکل های مهاری به – علت داشتن مهارهای هادی میتوانند ذاتا صاعقه گیر مناسبی جهت آنتن ،دوربین یا تاسیسات مهم نصب شده روی آنها باشند.

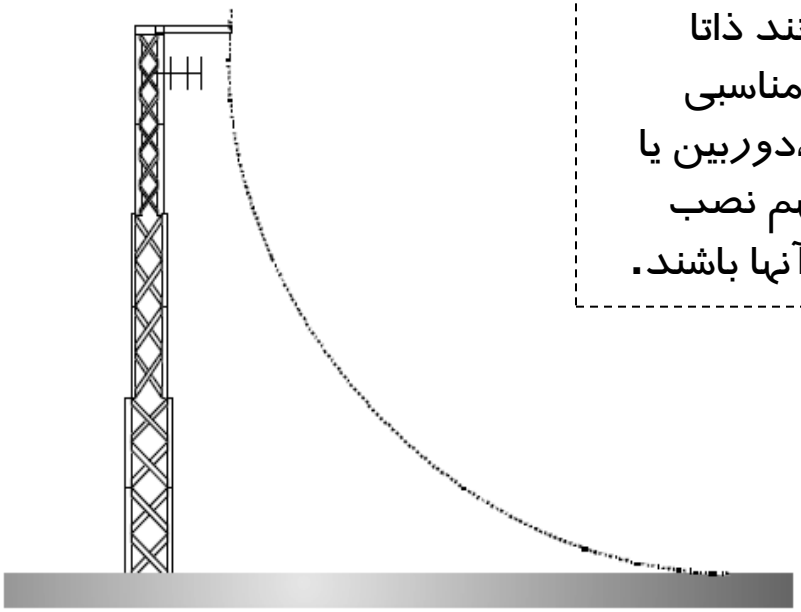


Figure 5-4 Lateral Lightning Rod

در شکل فوق اضافه کردن یک تکه هادی موسوم به هادی جانبی LATERAL باعث شده آنتن زیر کره قرار گرفته و حفاظت شود.

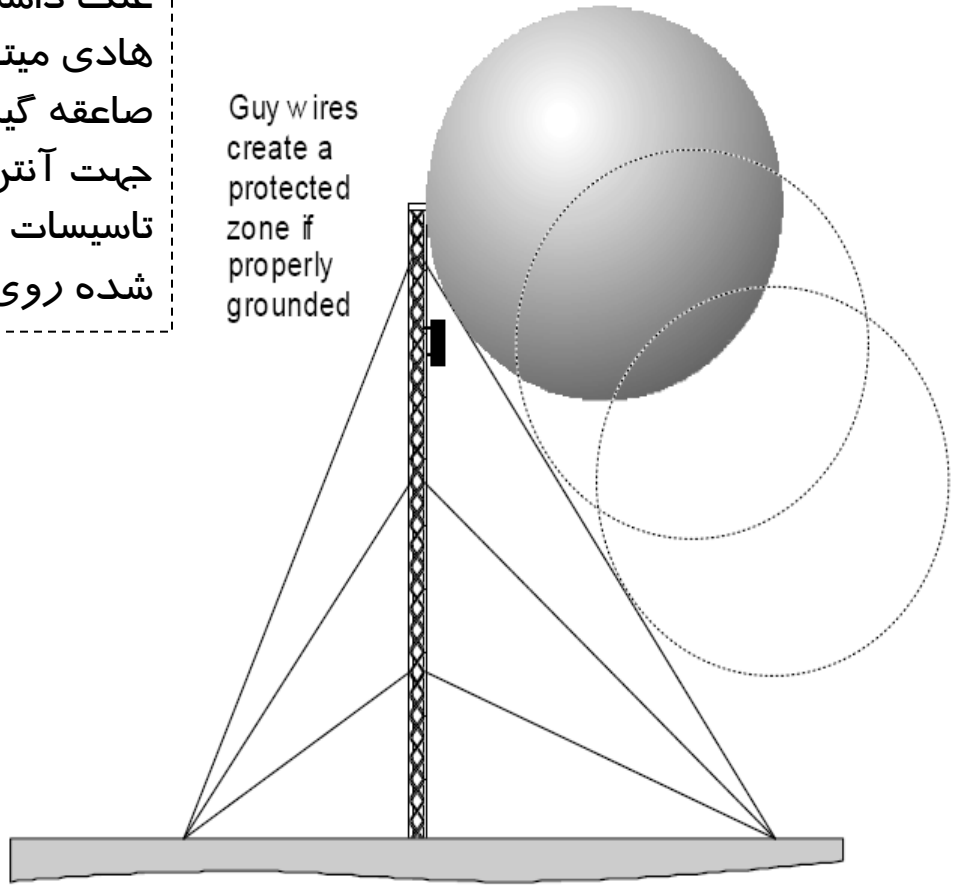
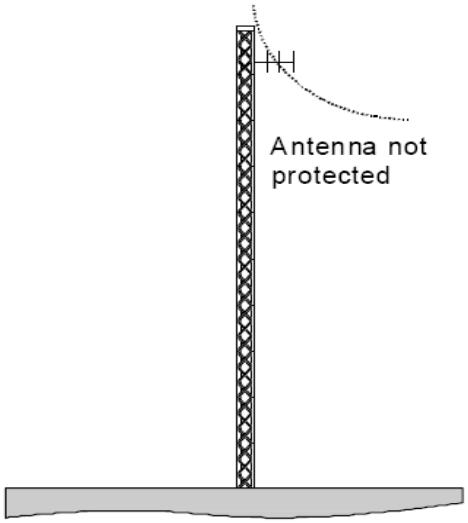


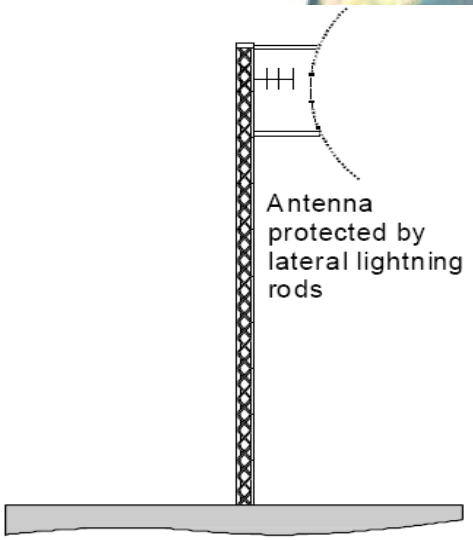
Figure 5-7 Protected zone with guyed tower

Rolling Sphere Method طراحی صاعقه گیر به روش گوی غلطان

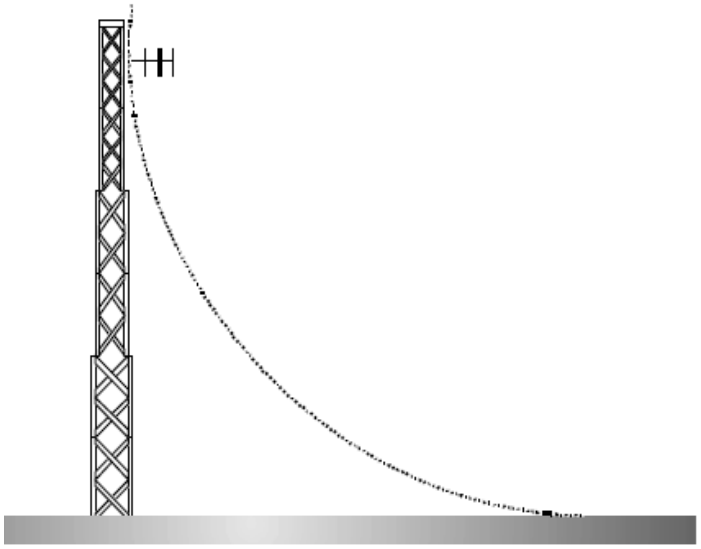
در شکلA آنتن حفاظت نمیشود اما در شکلB با اضافه کردن هادی جانبی آنتن در برابر صاعقه حفاظت خواهد شد زیرا داخل گوی غلطان فرضی که مماس با هادیها رسم شده نخواهد بود.



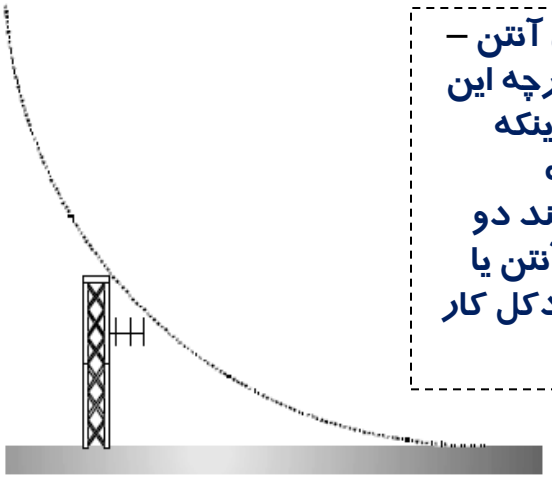
A



B



High Tower - antenna unprotected



Low Tower - antenna protected

ارتفاع دکل در بخش بالای آنتن – بسیار تاثیرگذار است و هرچه این ارتفاع بلندتر باشد امکان اینکه آنتن زیر گوی مماس شده قراربگیرد بیشتر است مانند دو شکل زیر ،پس قراردادن آنتن یا هر تجهیزی درست بالای دکل کار درستی نیست

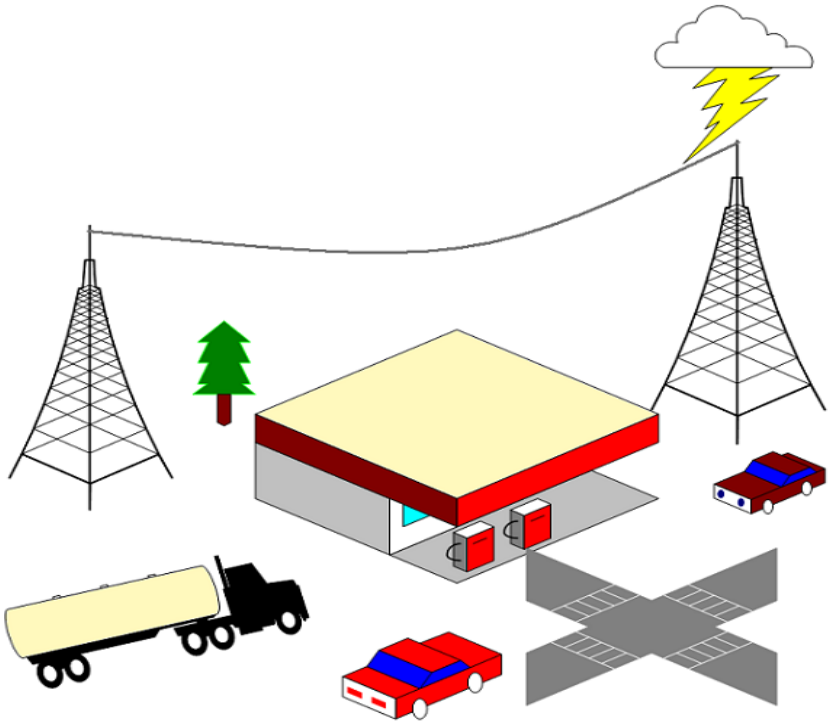
Mast Shielding Method

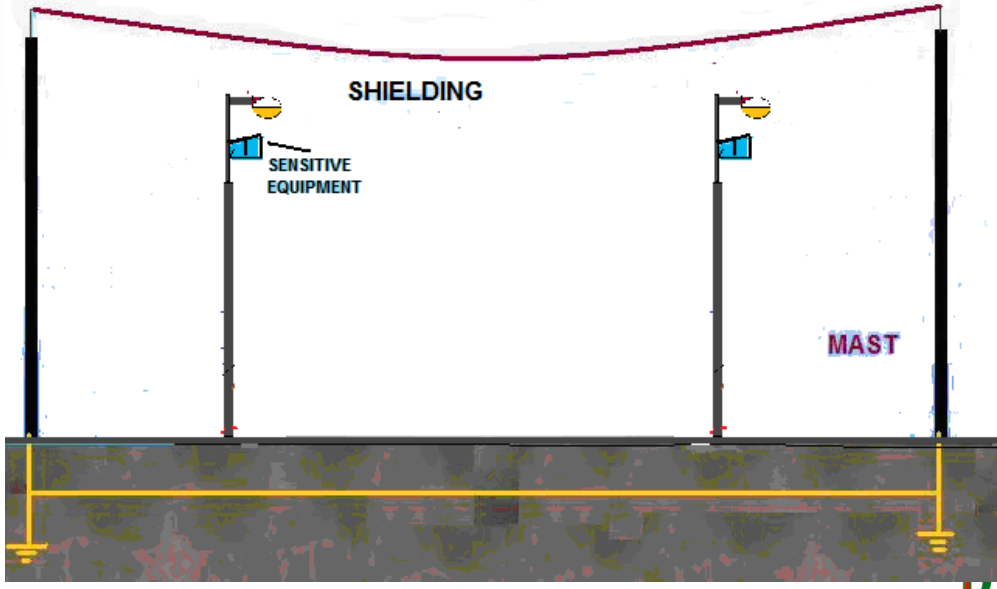
طراحی صاعقه گیر به روش معلق

حفاظت تجهیزات حساس الکترونیکی و تجهیزات و –
تاسیسات مستعد انفجار و اشتعال جزو چالش های
حفاظت اولیه است

–استانداردهای اروپایی مثل NFC,
BS,

–روش موسوم به MAST-SHIELDING را
برای اینگونه سایت ها توصیه میکنند





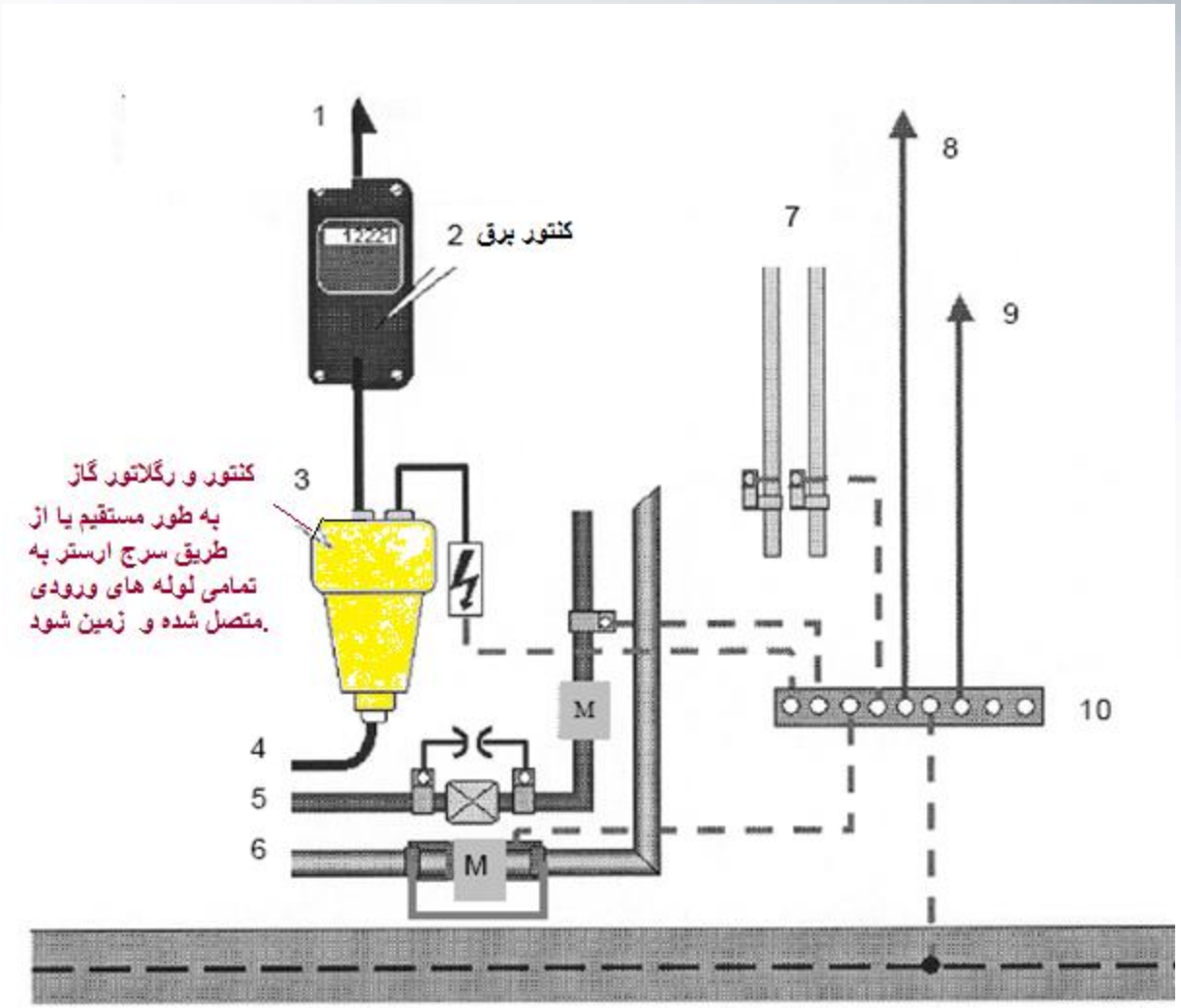
Mast Shielding Method

طراحی صاعقه گیر به روش معلق

دکل ها masts
و سیم های معلق shields جهت محافظت ایستگاه پرتاب موشک در برابر صاعقه

هم بندی تجهیزات ورودی به ساختمان

تمامی لوله ها و تاسیسات ورودی به ساختمان حتی لوله گاز بایستی به هم متصل گردند



هم بندی تجهیزات ورودی به ساختمان

تمامی لوله ها و تاسیسات ورودی به ساختمان حتی لوله گاز بایستی به هم متصل گردند

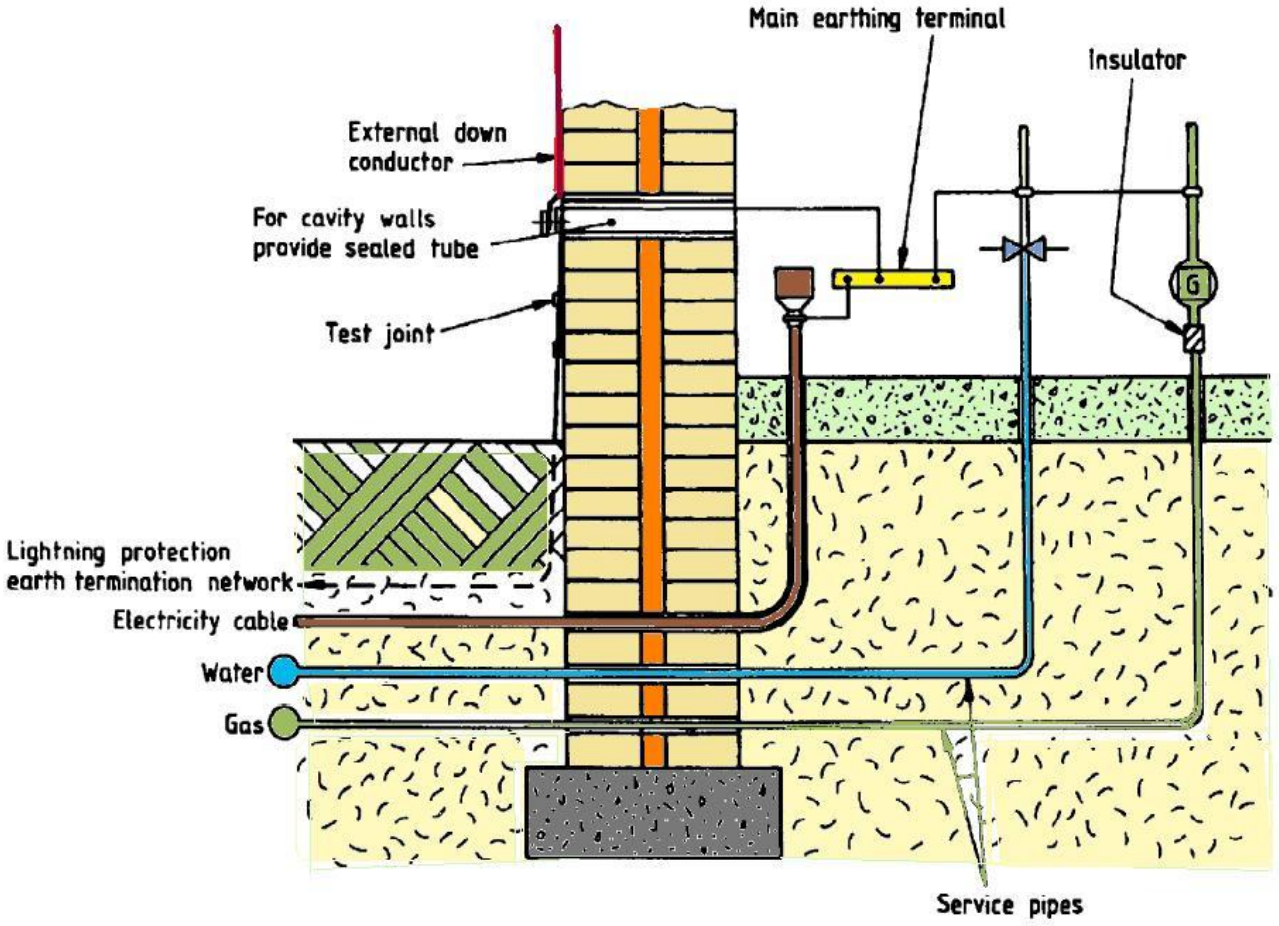
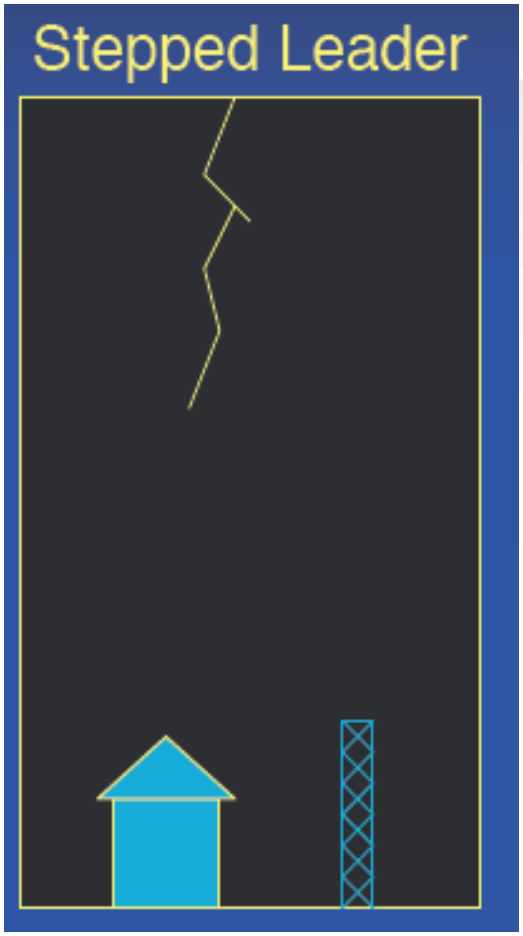


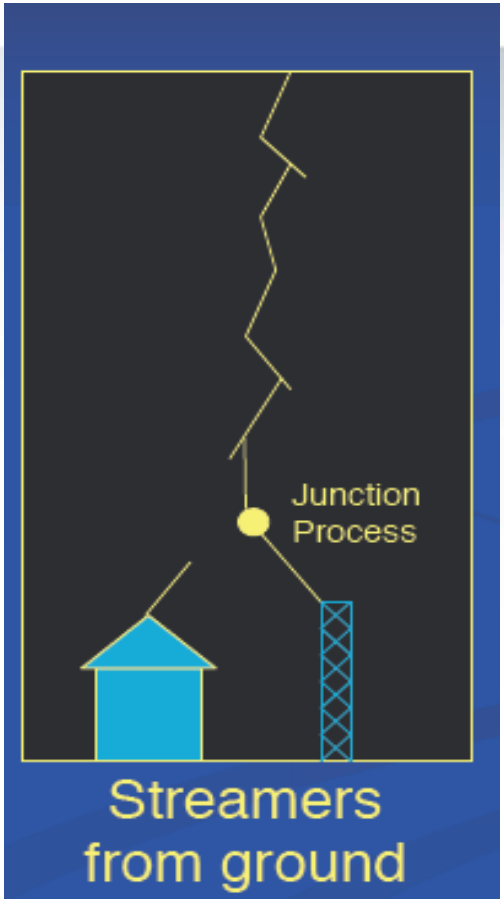
Figure 30 — Diagram showing bonding to services (gas, water and electricity)

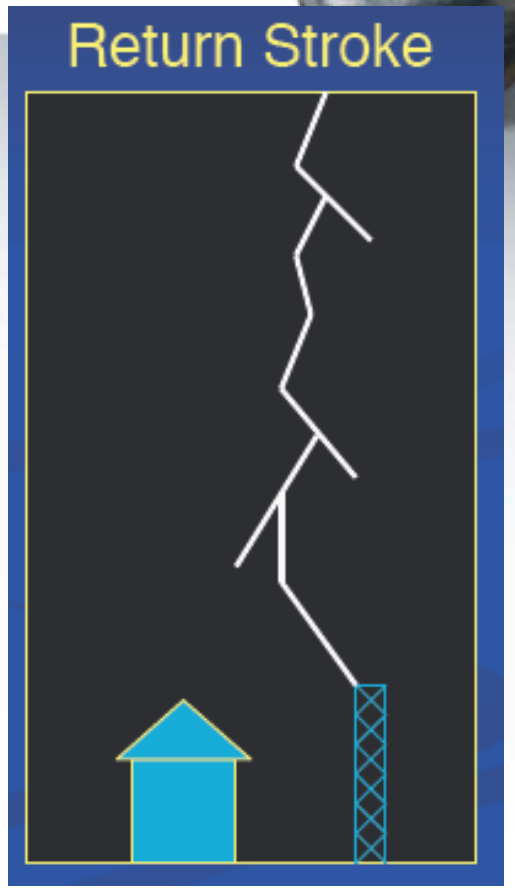
کنتور یا رگلاتور گاز دارای فلنچ عایقی است که جهت عملکرد مناسب سیستم حفاظت کاتدیک لوله گاز نصب شده دقت شود که اتصال و هم بندی لوله گاز به سایر تاسیسات ساختمان حتما از بالای این عایق انجام شود به عبارتی اتصال از سمت مدفون لوله یا زیر فلنج گرفته نشود.

شرکت مهندسی ایرانیان

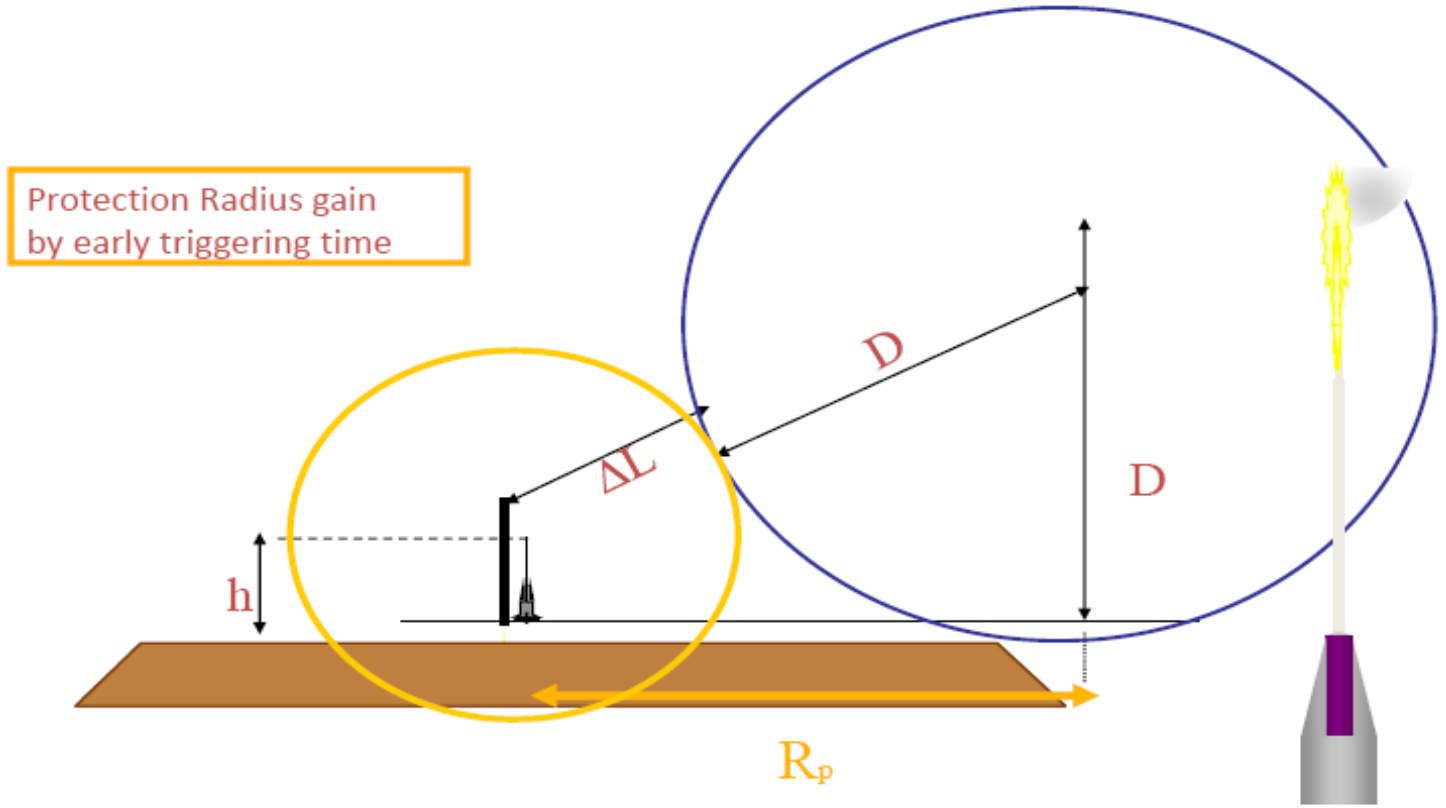
اصول عملکرد برقگیرهای ESE







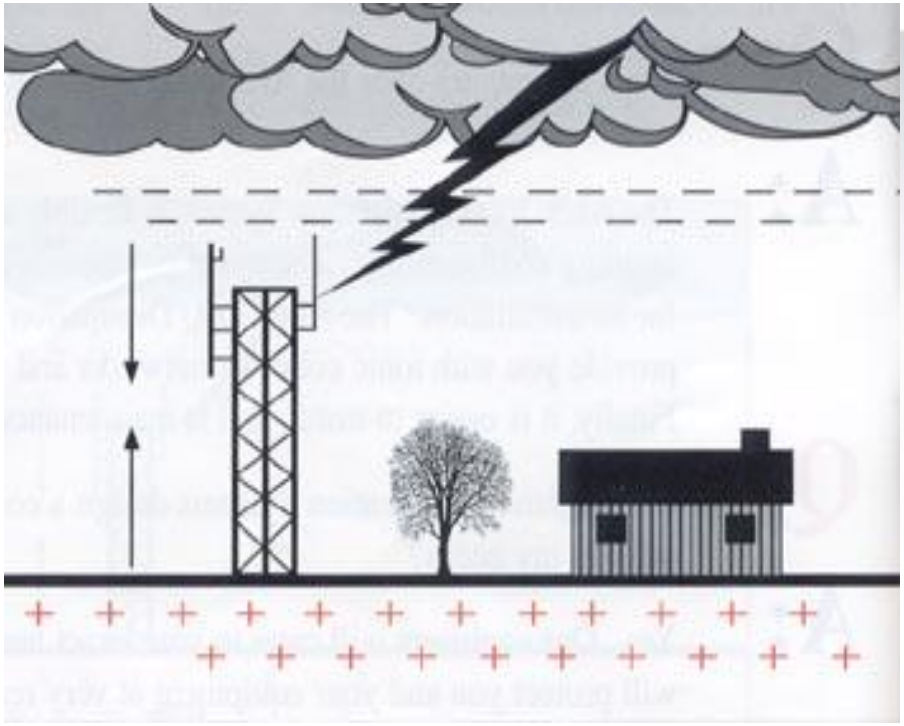
اصول عملکرد برقگیرهای ESE



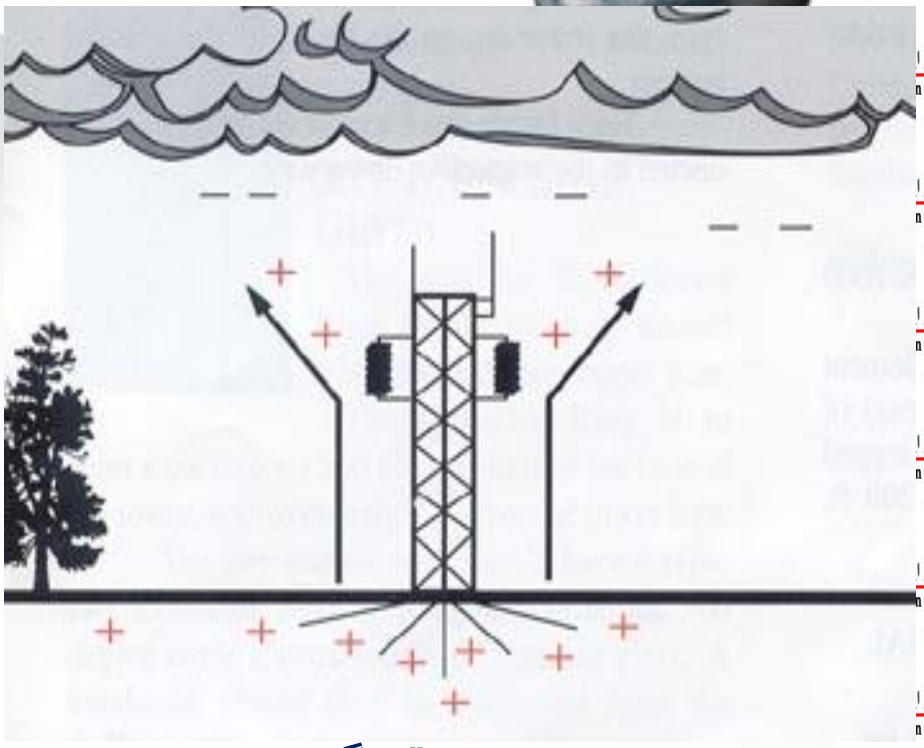
حفاظت سازه بستگی به ارتفاع تریگر شدن یا انتشار یون برق گیرESE دارد .یعنی هرچه ارتفاع یونیزه کردن هوا در بالای این برقگیر قبل از نزول صاعقه بالاتر باشد محدوده بیشتری را تحت پوشش قرار خواهد داد.

شرکت مهندسی ایرانیان

lightning protection versus lightning prevention مقایسه سیستم –



سیستم برق گیر



سیستم برق نگیر

هر دوهوای اطراف خود را قبل از تخلیه صاعقه یونیزه میکنند اما برق نگیر به خاطر داشتن شاخک ها و تارهای بسیار زیاد آرام آرام آنقدر یون مخالف در محدوده بالای خود جمع میکند که این یونها به صورت ابری باردار با بار مخالف ابر مستعد صاعقه در میآیند لذا تخلیه صاعقه روی این ابر انجام میشود و محدوده زیر برق نگیر در امان خواهند بود.

lightning protection versus lightning prevention –مقایسه سیستم

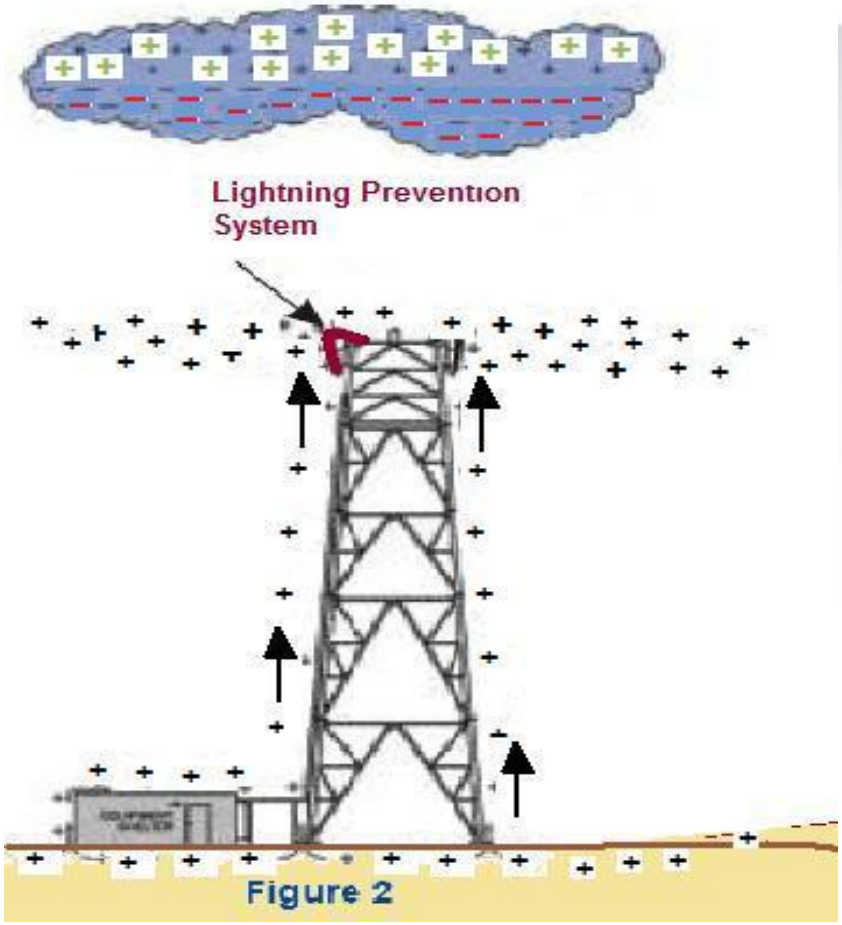


Figure 2

سیستم برق نگیر

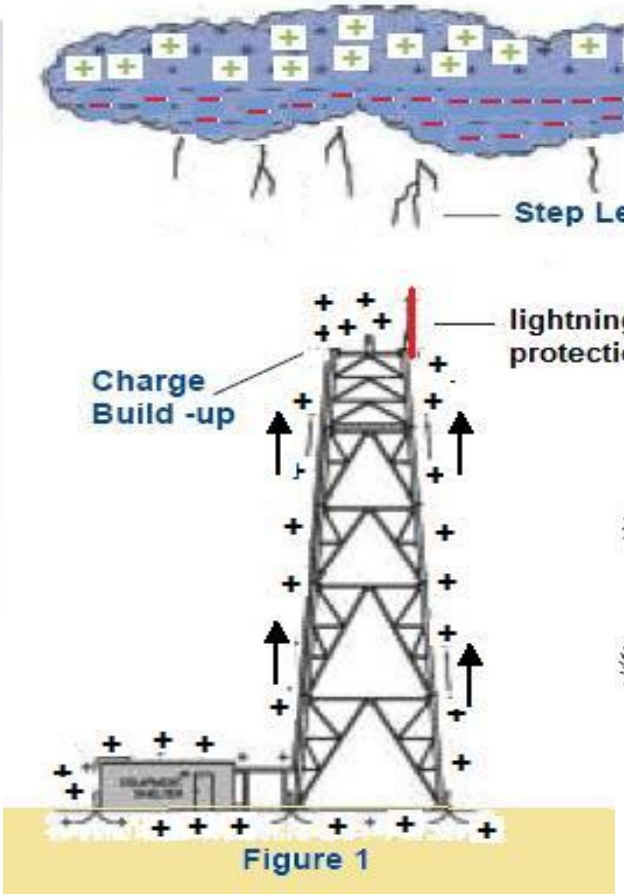
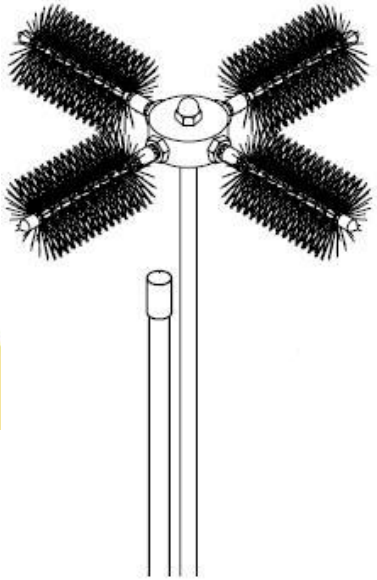
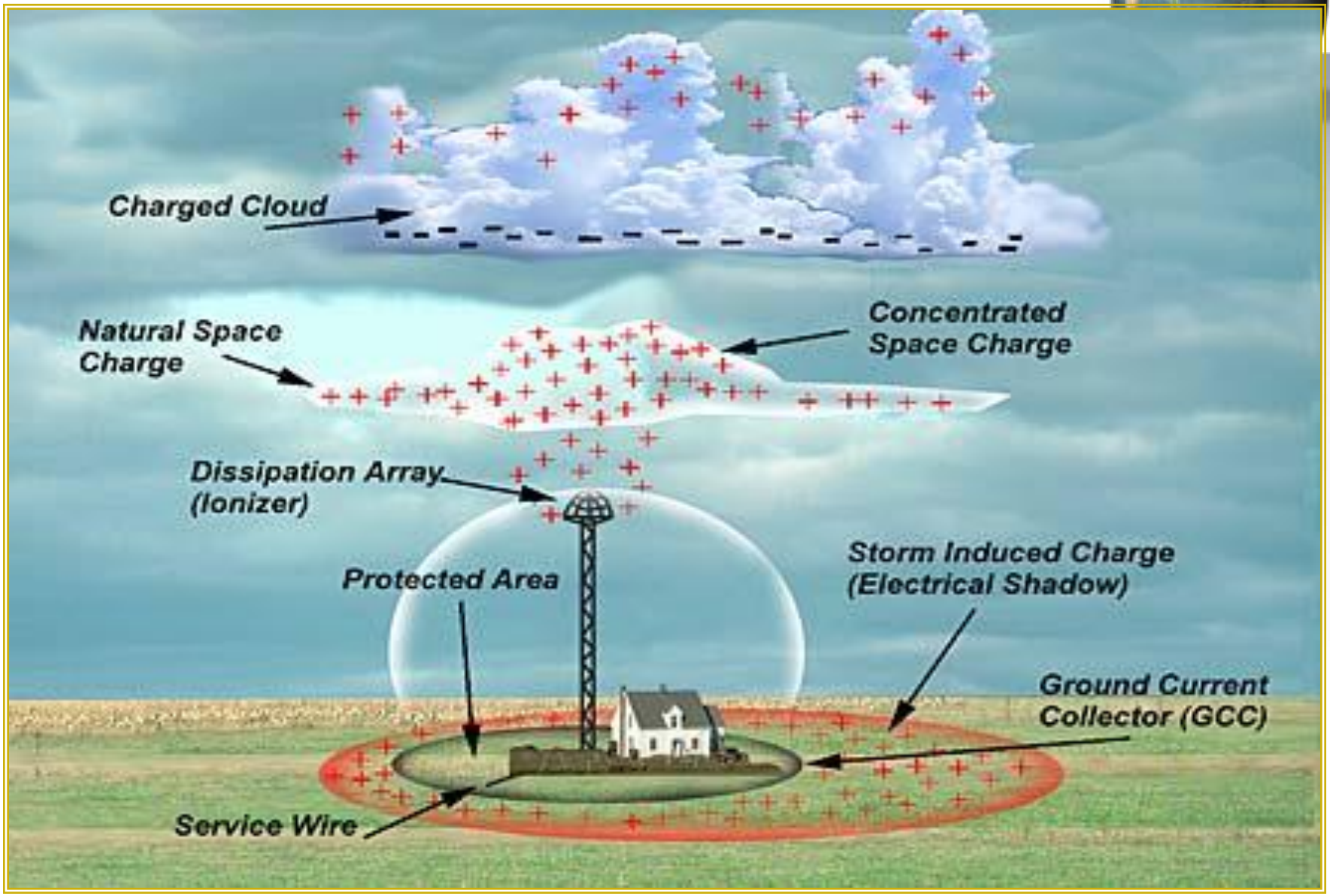


Figure 1

سیستم برق گیر



مکانیزم عملکرد برق نگیر



حفاظت ثانویه

1. Surge Arresters
2. Filters
3. Screeing & Shielding
4. Faraday Cage
5. Optimum Earthing & Lightning Design

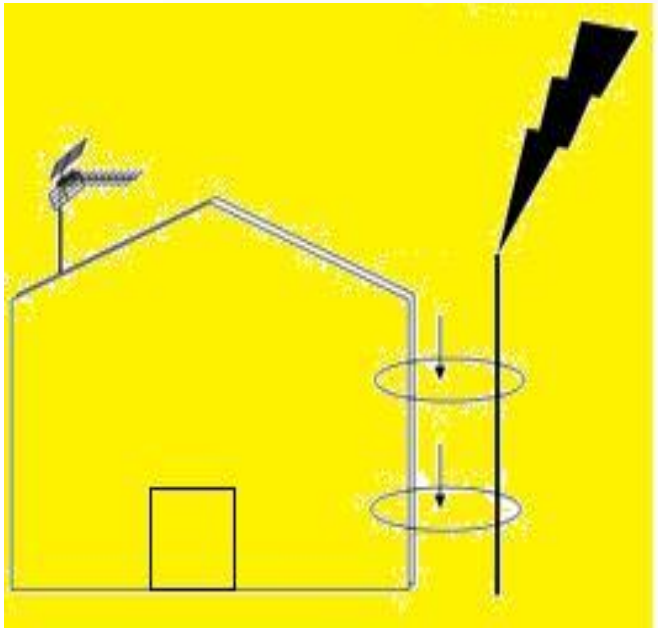
۱- سرج ارستر

۲-فیلترها

۳-شیلدینگ

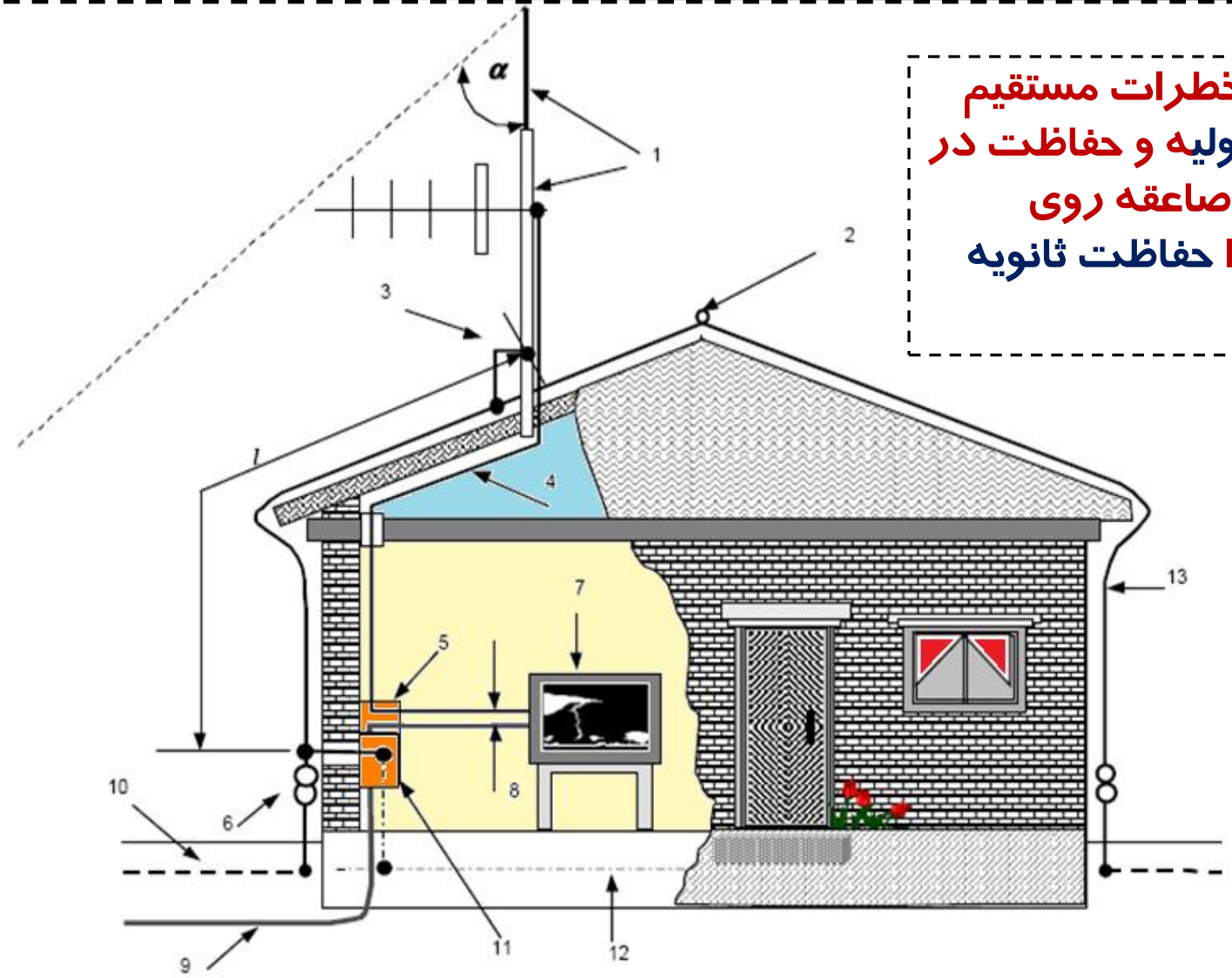
٤-قفس فاراده

۵-طراحی سیستم صاعقه گیر و ارتینگ مناسب



حفاظت در مقابل صاعقه

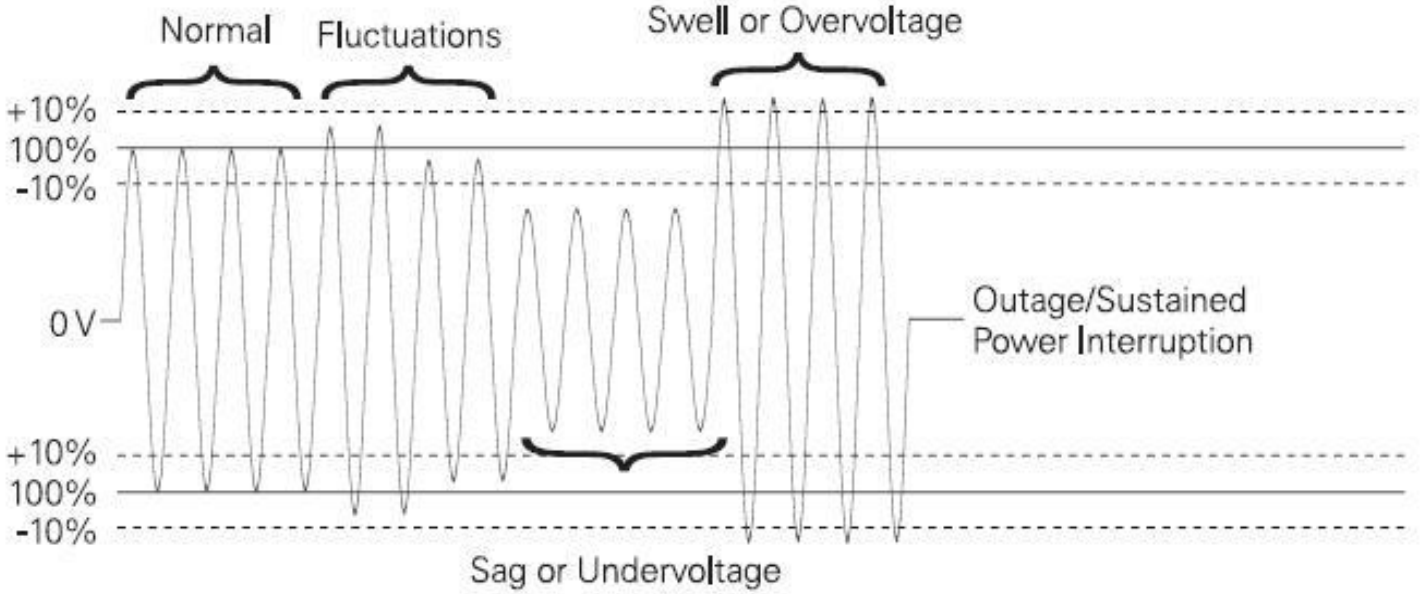
–Primary and secondary protection حفاظت اولیه و ثانویه



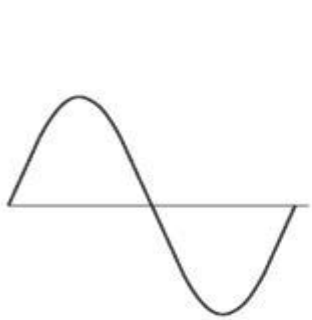
حفاظت در مقابل خطرات مستقیم صاعقه را حفاظت اولیه و حفاظت در مقابل اثرات جانبی صاعقه روی تجهیزات حساس را حفاظت ثانویه میگویند

حفاظت ثانویه

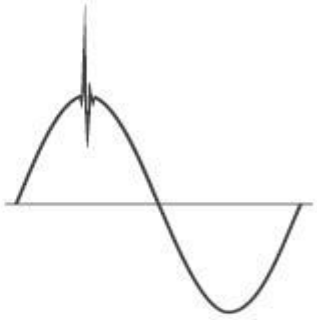
انواع خطا در شبکه برق



*Based on Equipment with Normal Rated Voltage Tolerance of ±10%



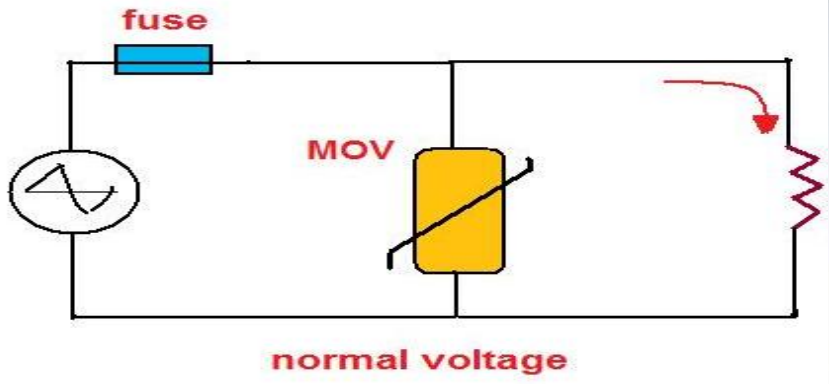
Normal Voltage

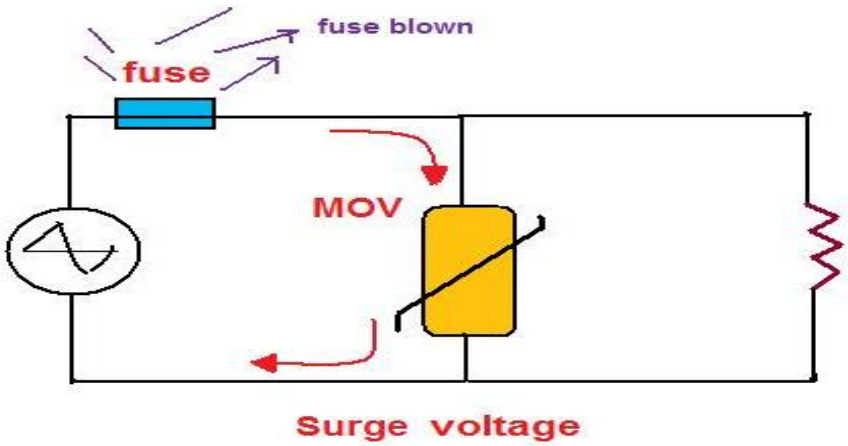


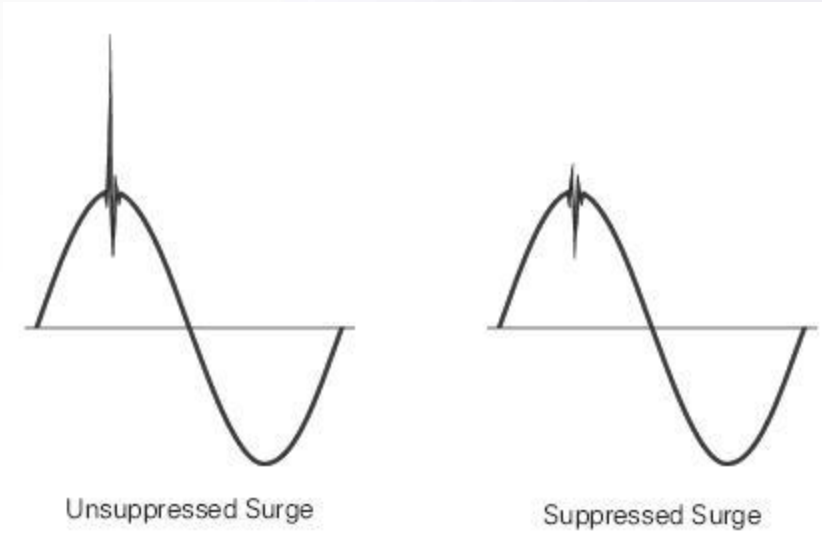
Voltage with Surge Present

Iranian Engineering Co.

مکانیزم عملکرد سرج ارستر







سرج ارستر کلاهبردار حرفه ای است –

حفاظت ثانویه

انواع سرج ارستر

ارستر جهت سیم آنتن تلویزیون

ارستر جهت تلفن

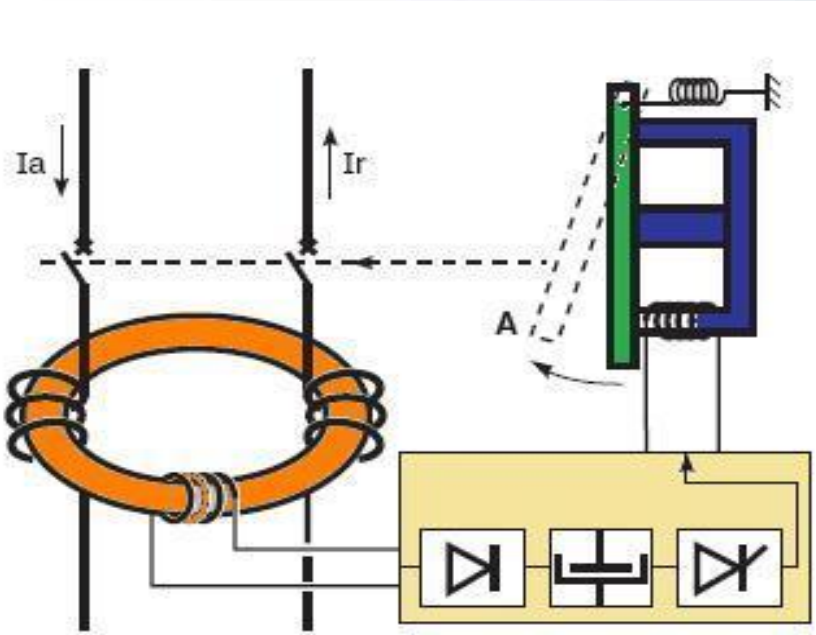
ارستر جهت دیش ماهواره
BNC کانکتور

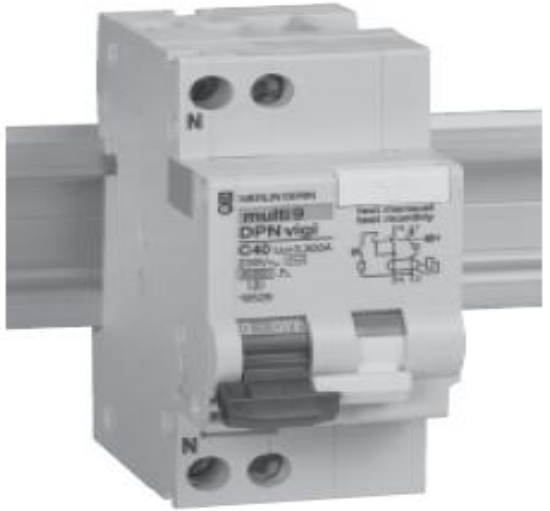
ارستر جهت تغذیه برق سه فاز

ارستر جهت تغذیه برق سه فاز

حفاظت ثانویه

مکانیزم عملکرد RCD

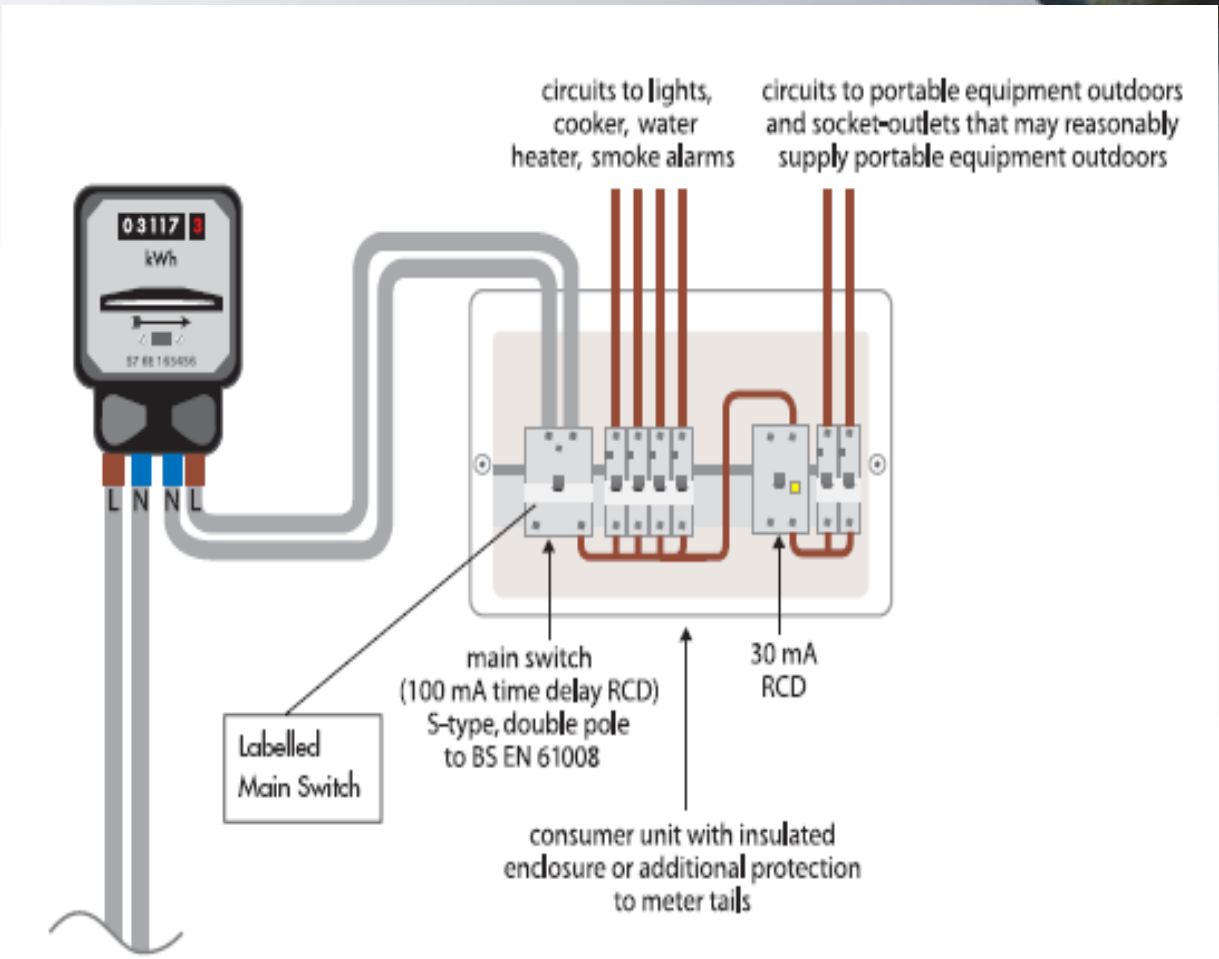




حفاظت ثانویه

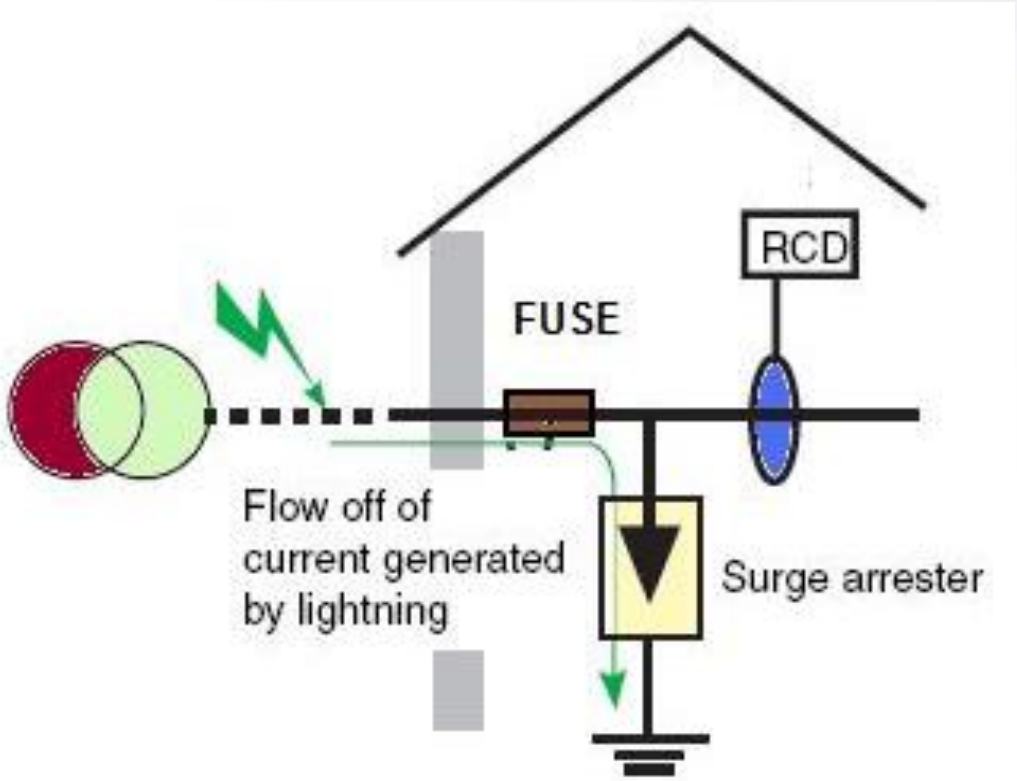
محل مناسب نصب RCD

اگر بتوانیم در مصارف خانگی از دو تیپ RCD استفاده کنیم وتیپ با حساسیت کمتر (۱۰۰ میلی آمپر) را برای تجهیزات معمولی و داخلی نصب کرد و تجهیزات بیرونی و پرتابل و حساس تر را از تیپ با حساسیت بالاتر(۳۰ میلی آمپر) تغذیه نمود.



حفاظت ثانویه

یک سیستم کامل حفاظتی در مصارف عمومی



OCP (OVER CURRENT ROTECTION)

RCD (RECIDUAL CURRENT DEVICE)

SPD (SURGE PROTECTION DEVICE)

حفاظت ثانویه

تجهیزات حفاظتی ترکیبی جدید

- An RCBO is a single device which combines the functions of an MCB (over current and short-circuit protection) and an RCD (Earth leakage protection).

- A **R**esidual **C**urrent **C**ircuit **B**reaker provides only residual current protection - for supplementary protection against direct contact with live parts this must have a residual current rating of 30mA or less. If it supplies a **M**iniature **C**ircuit **B**reaker, correctly rated to provide over current protection for the circuit concerned, then you have all the protection you need.

A **R**esidual **C**urrent circuit **B**reaker with **O**verload protection does both jobs**.**

حفاظت ثانویه

تجهیزات حفاظتی ترکیبی جدید

- ELCB is a voltage operated device. RCCB is a current operated device.IN ELCB, Trip coil is connected between system ground and non current carrying part of the machines. RCCB having CBCT(Core Balanced Current Transformer).CBCT consists of 2nos of primary winding (P1,P2) and one secondary winding(S1).Primary windings are in series with the load and secondary winding connected to Trip coil. In case of healthy time, voltage in both the primary windings will be cancelled and hence no voltage on secondary winding. During the leakage or If any body touch the live wires of the machines, current will passing through the body and connected to ground. It will cause the voltage difference in primary windings and induced voltage in secondary operates the trip coil(operating time 50ms).

- ELCB earth leakage circuit breaker RCCB residual current circuit breaker which operates when there is a difference in current between any two phases. This differential current is called residual current.

طرح اصولی زمین کردن سیستم توزیع هوائی :

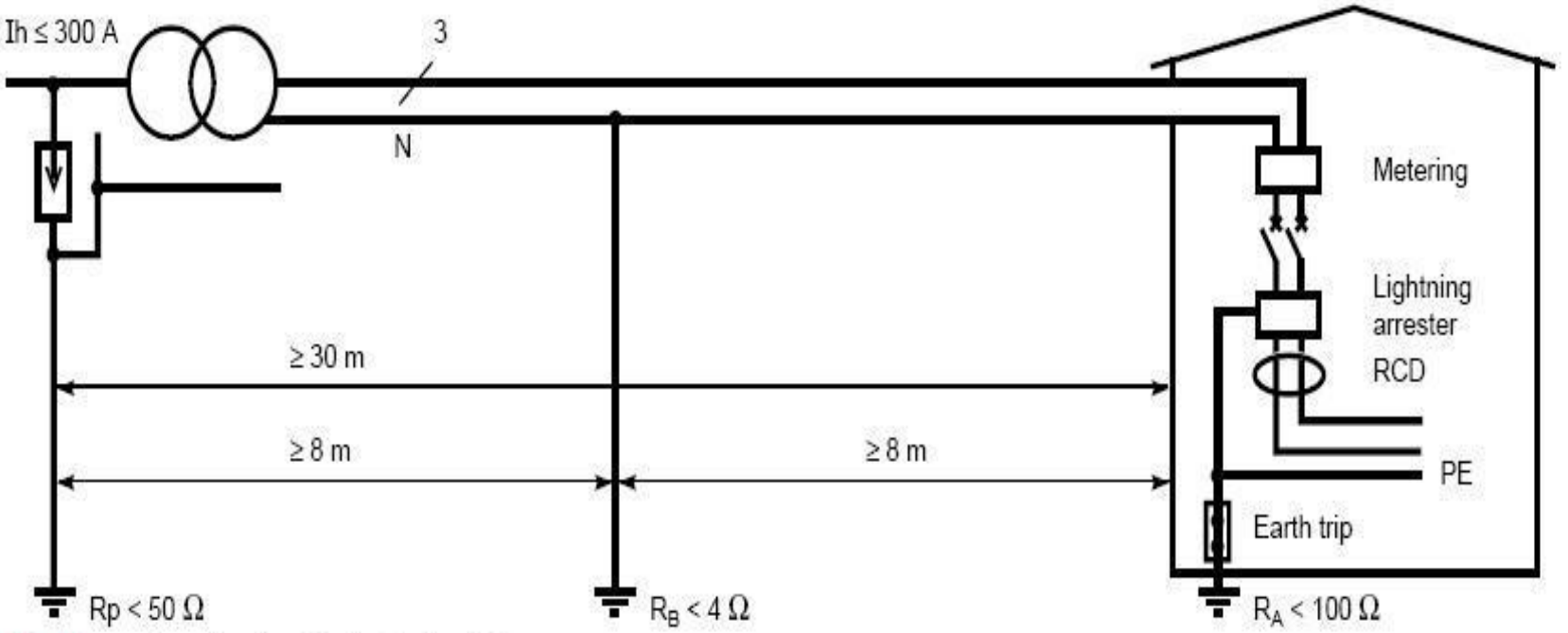
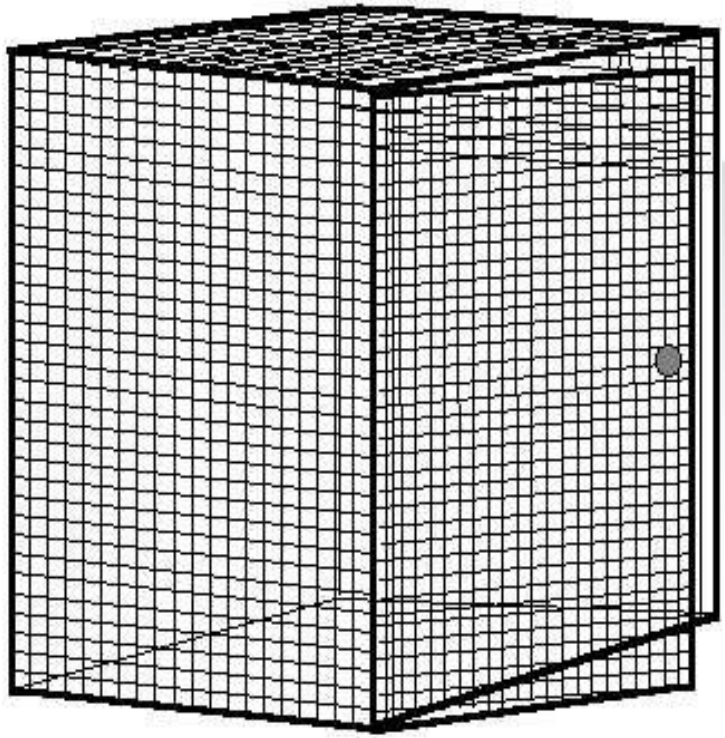


Fig. 20 : rural overhead public distribution in France.

یعنی سه سیستم ارت با فاصله مناسب ایجاد میکنیم که فقط یکی از آنها که مخصوص نول است زیر ٤ اهم است و دوتای دیگر زیر ٥٠ اهم هم جواب میدهد.بنابر این به شرط استفاده از RCD و سرج ارستر در تابلوی زیر ترانس میتوان هزینه ایجاد ارت را بسیار کاهش داد و یک طرح اصولی را ایجاد نمود.

قفس فاراده



Faraday cage

معیار ها ی عملکرد قفس فاراده

هرچقدر تجهیزات و موجودات داخل قفس در برابر نفوذ امواج با فرکانس یا طول موج های متفاوت ایمن باشند عملکرد قفس بهتر است .

دریچه بندی و ابعاد پنجره **mesh screened** قفس فاراده نسبت عکس با فرکانس امواج ورودی به آن و یا نسبت مستقیم با طول موج امواج دارند . یعنی هر چه ابعاد پنجره کوچک تر باشد امواج تا فرکانس های بیشتر را دفع میکند این به این معنی است که علاوه بر دفع امواج با فرکانس کم امواج فرکانس بالا را هم دفع میکند.

نمونه ساده آن این است که معمولا درب شیشه ای اجاق های مایکروویو دارای میله های ریز فلزی نیز است.

قفس فاراده

But there are walls that prevent RF Radiation from penetrating!

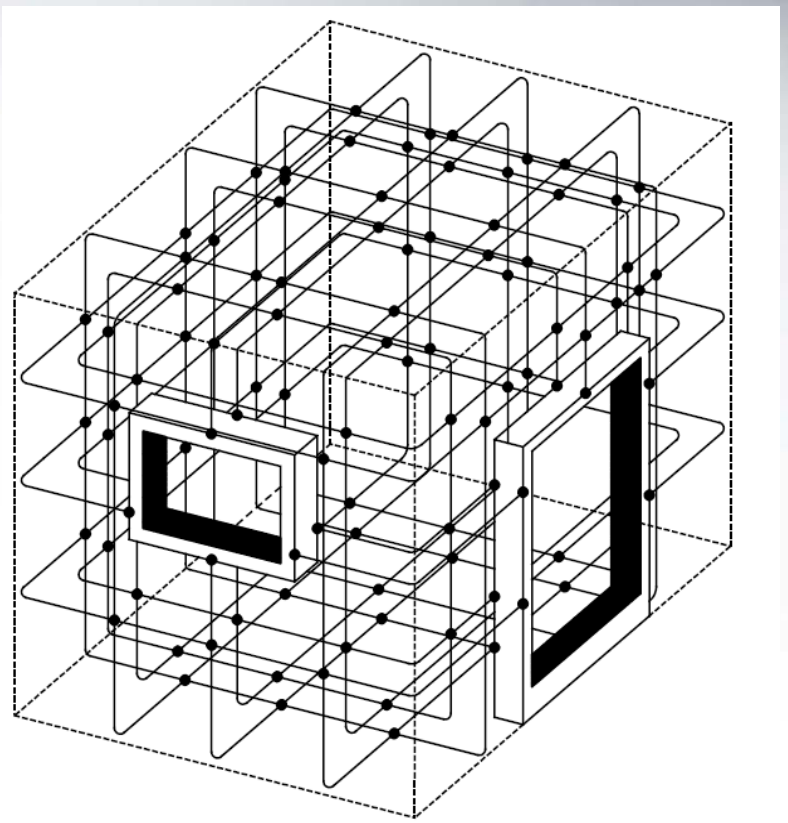
•قفس فاراده از جنس آلمینیم فقط ورود امواج الکترواستاتیک را مانع میشود و امواج الکترومغناطیس از آن رد خواهد شد.

• همانطور که در بالا بیان شد اسکلت فلزی ساختمانها میتوانند به شرط اینکه به هم کاملا متصل باشند به عنوان قفس فاراده جهت یک رنج از فرکانس های پایین رادیویی عمل کنند خصوصا وقتی سازه ساختمان از اسکلت فلزی H PILE یا همان تیرآهن باشد که حتما سقف ساختمان هم آهن است و کف هم از طریق شناژ و base plate به تیرهای عمودی وصل است بنابر این قفس تشکیل میشود ضمن اینکه سازه های اضافی کار شده در این ساختمانها به عنوان بادبند و راه پله اضطراری و غیره نیز میتواند در کارایی این قفس کمک کند.

•پنجره های دوجداره از جنس UPVC گرچه از نظر انتقال حرارت و بهینه سازی انرژی خوب هستند اما نسبت به پنجره های فلزی از نظر خاصیت قفس فاراده مشکل دارند که به نظر من اگر بتوان کلافی فلزی تسمه ای یا سیمی اطراف آنها تعبیه نمود میتوانند به عنوان جزیی از قفس فاراده در جلوگیری از ورود امواج ناخواسته به ساختمان کمک کنند.

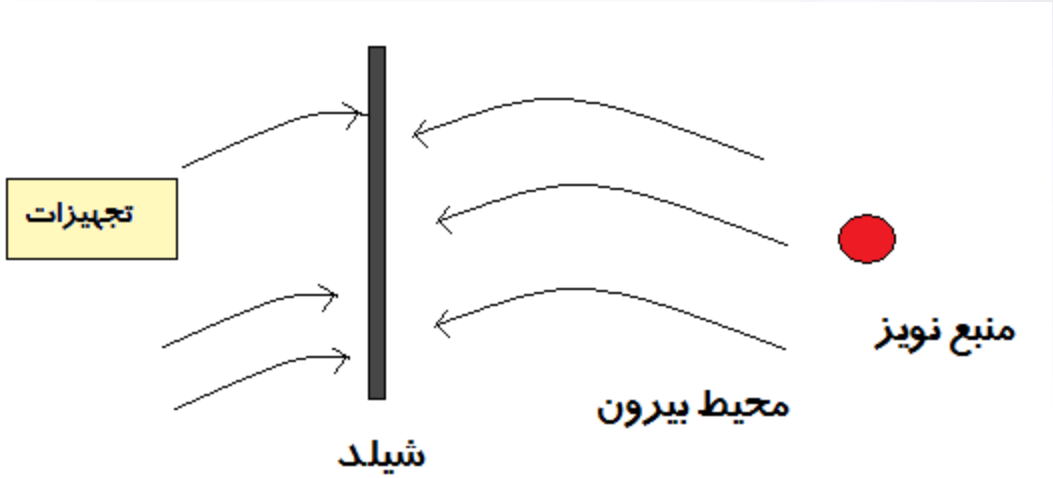
•گرچه استفاده از فن آوری قفس فاراده در حفاظت تجهیزات حساس الکترونیکی و مخابراتی بسیار مرسوم است و حتی در ایران هم از این فن آوری استفاده میشود ولی متاسفانه در ساختمان ها ی عمومی و مسکونی و حتی ساختمان های با کاربری خاص امنیتی در ایران از این امر استقبال نشده است.

.



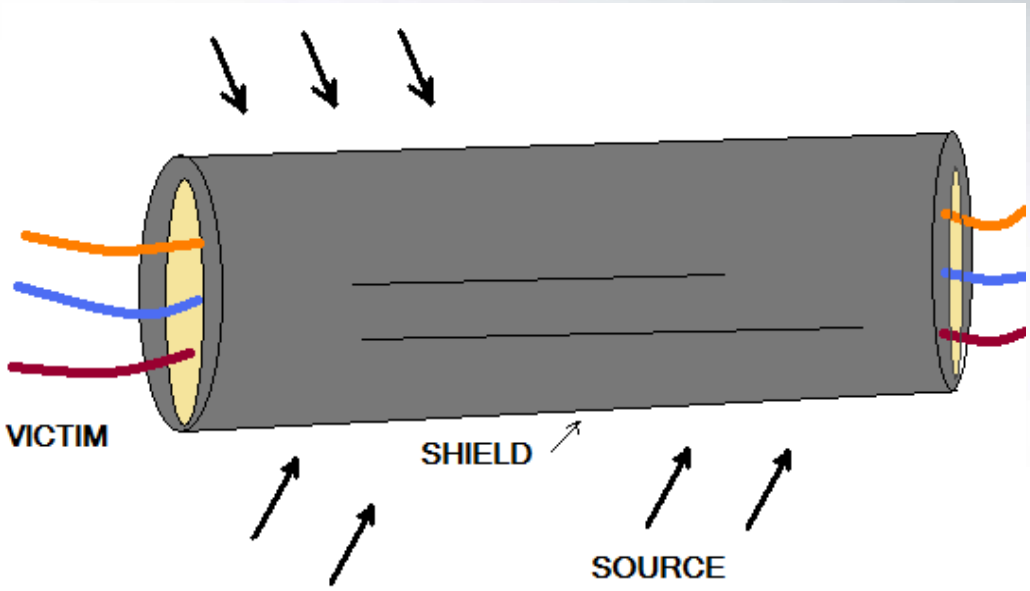
Shielding/Screening

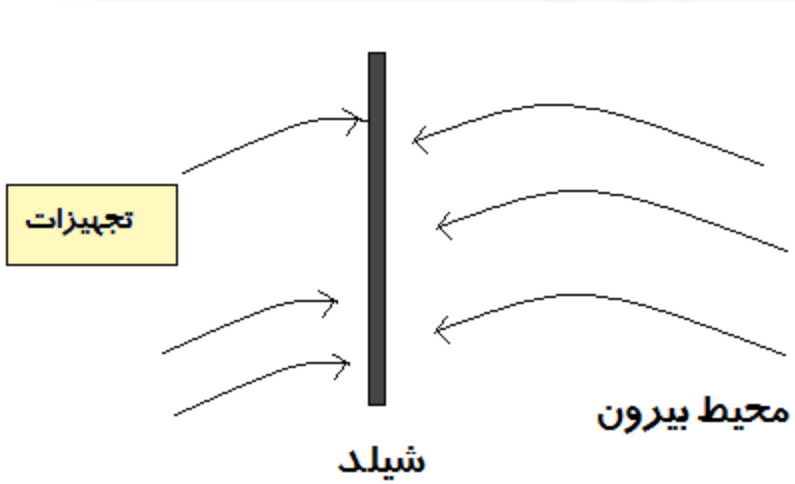
هدف: حذف و یا کاهش میدانهایی که میتوانند روی تجهیزات حساس اثر سوء بگذارند و نیز جلوگیری از انتشار اجزای سیستم به سمت بیرون شیلد



اساس کار شیلدینگ قراردادن یک حائل الکتریکی یا مغناطیسی بین تجهیزات و محیط اطراف است

Shielding





VICTIM SOURCE

شرکت مهندسی ایرانیان

Shielding

انواع شیلدینگ

Electromagnetic

Magnetic

Electric

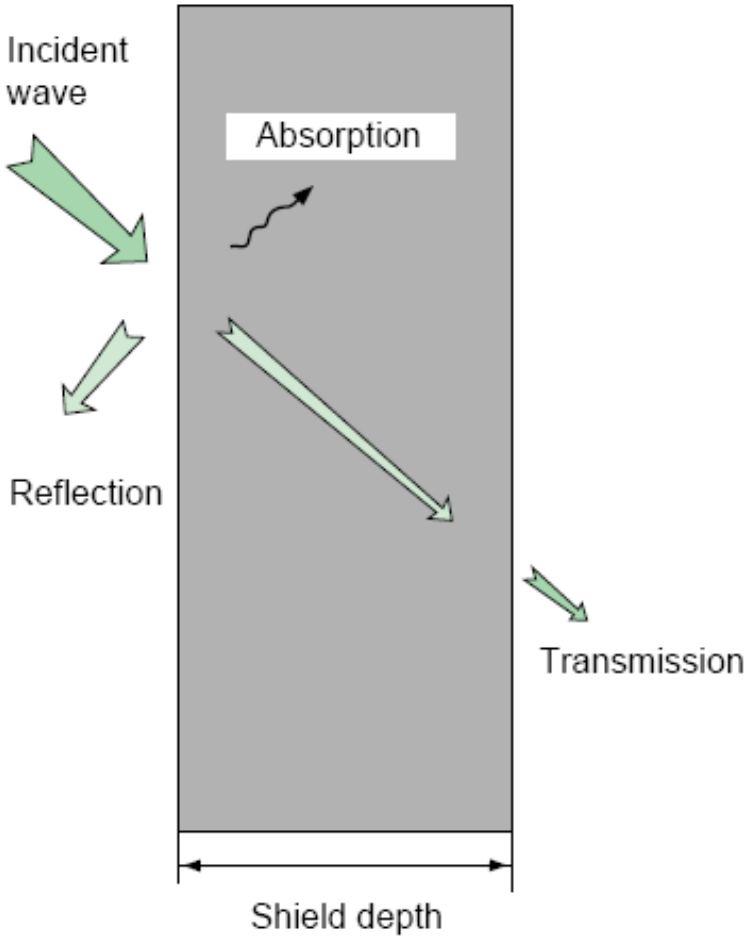
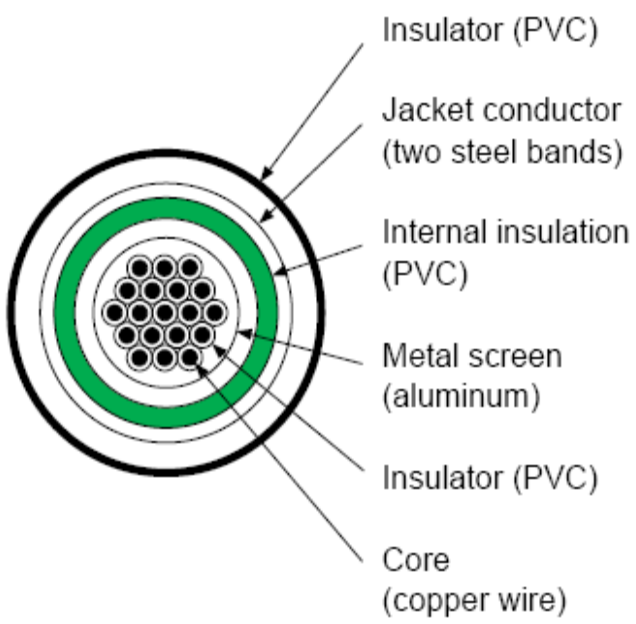


Fig. 19: screening effect of a metallic enclosure.

Shielding

Telephone cable



Medium voltage power transmission cable

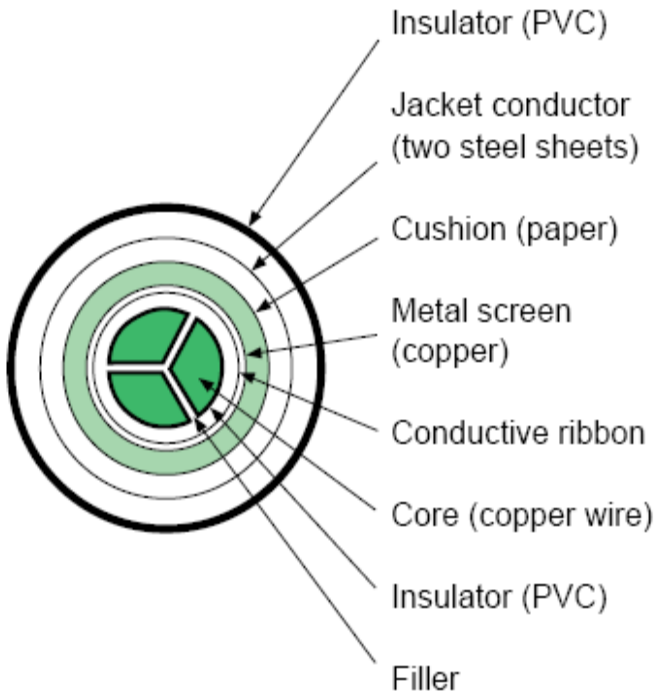


Fig. 35.

Shielding

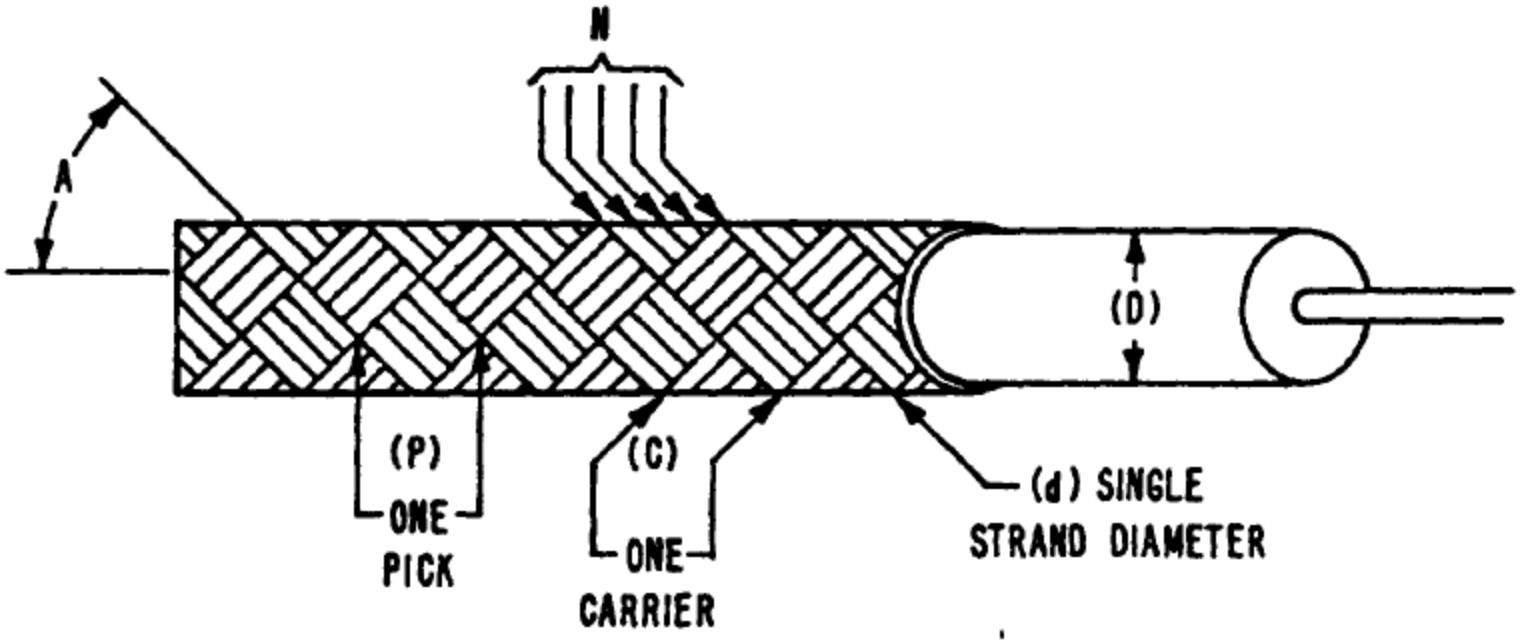
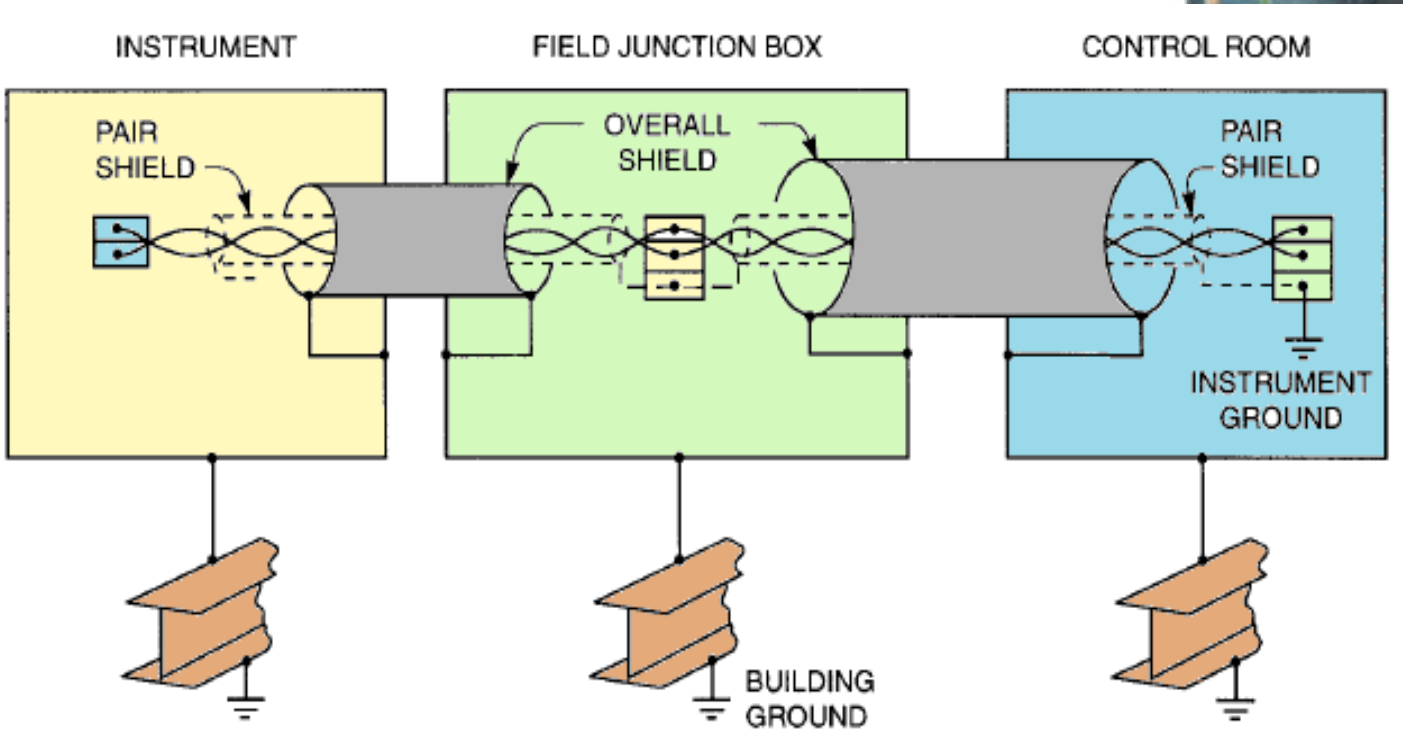


FIGURE 26 SHIELD-CONSTRUCTIONAL DETAILS

Shielding


INSTRUMENT
FIELD JUNCTION BOX
CONTROL ROOM
PAIR SHIELD
OVERALL SHIELD
PAIR SHIELD
INSTRUMENT GROUND
BUILDING GROUND

Shielding

$$K = (2F - F^2)\ 100$$

where K = coverage, %

$$F = \frac{NPd}{\sin a}$$

N = number of strands per carrier (ends)

P = picks per inch

d = diameter, carrier, single end, inches

a = angle of shield with axis of conductor, degrees

$$\text{Tan } a = \frac{2\pi\ (D + 2d)\ P}{C} \qquad \pi = 3.1416$$

C = number of carriers

D = diameter of core under shield, in.

Shielding

radiating wire. The efficiency of a wire or other conductor as either a receiving or a radiating antenna is a function of the length of the wire relative to the wavelength of the signal.

$\lambda/10$ is chosen to represent the length below which a conductor does not perform effectively as an antenna.

6.4 MINIMIZATION TECHNIQUES. Signal interaction, i.e., interference, can be minimized by reducing the coupling between the signal systems by modifying the signal systems in such a manner that interaction between the systems does not produce interference in either one, by eliminating the source of the interference, and by filtering the interference out of the susceptible signal system.

6.4.1 Reduction of Coupling. The techniques for reducing coupling include minimizing the impedance of the reference plane, increasing the spatial separation between the signal systems, shielding the systems from each other, reducing the loop area of each signal system, and balancing the signal lines in each system.

6.4.1.2 Spatial Separation. Inductive or capacitive coupling can be reduced by increasing the physical distance between signal circuits. As can be seen from Equation 6-6 and Equations 6-11 and 6-16, increasing the separation between the interfering circuit and the susceptible circuit exponentially decreases the voltage coupled into the susceptible circuit.

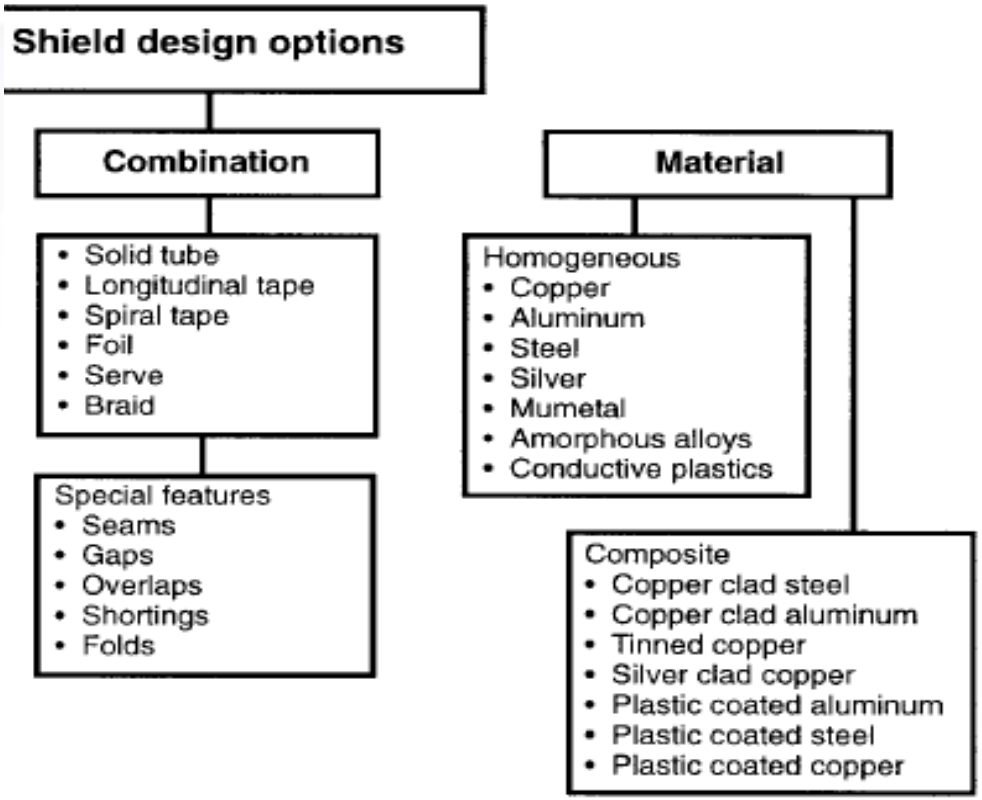
6.4.1.3 Reduction of Circuit Loop Area. Reducing the loop area of either the interference source circuit or the susceptible circuit will decrease the inductive coupling between the circuits. Equation 6-6 shows that the inductively coupled voltage can be minimized by reducing the length (ℓ) or the width ($r_2 - r_1$) of the susceptible circuit. This width can be minimized by running the signal return adjacent to the signal conductor and, hence, reducing the loop area of the susceptible circuit. A preferable approach is to twist the signal conductor with its return. The use of twisted wires reduces the inductively coupled voltages since the voltage induced in each small twist area is approximately equal and opposite to the voltage induced in the adjacent twist area.

Shielding

6.4.1.4 Shielding. Another effective means for the reduction of coupling is the use of shields around the circuits and around interconnecting lines. Principles of shielding are presented in Chapter 8.

6.4.1.5 Balanced Lines.

In situations where signal circuits must be grounded at both the source and the load, and hence, establish conductive coupling paths, the use of balanced signal lines and circuits is an effective means of minimizing the conductively coupled interference. In a balanced circuit, the two signal conductors are symmetrical with respect to ground. At equivalent points on the two conductors the desired signal is opposite in polarity and equal in amplitude relative to ground. A common-mode voltage will be in phase and will exhibit equal amplitudes on each conductor and will tend to cancel at the load. The amount of cancellation depends upon the degree to which the two signal lines are balanced relative to ground.



The cable shield is a part of an electromagnetic barrier that separates the shielded circuits from the external sources of EMI (or confines EMI effects to the shielded volume). An electromagnetic barrier is a closed surface made up of shields and other elements to exclude (or confine) electromagnetic waves propagating in space or guided along

Iranian Engineering Co.

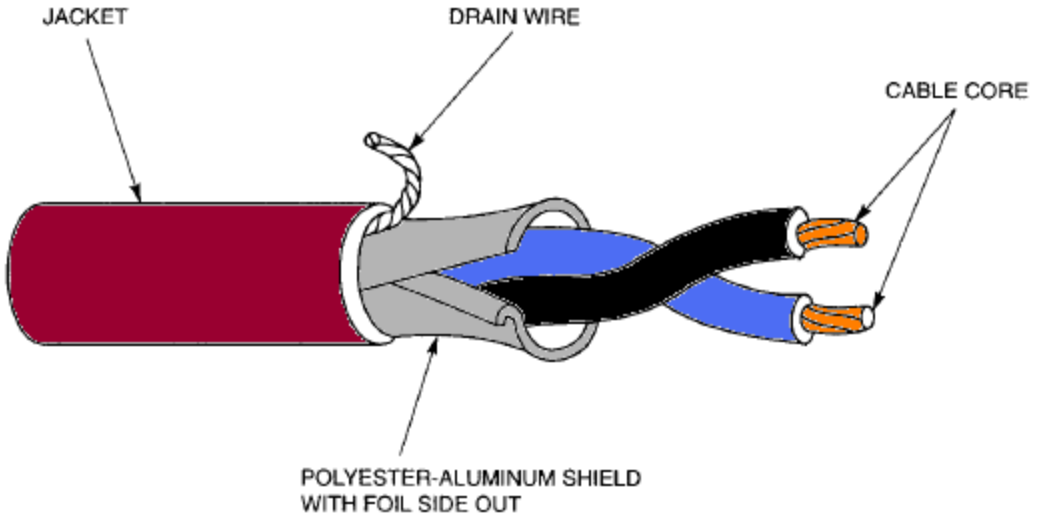
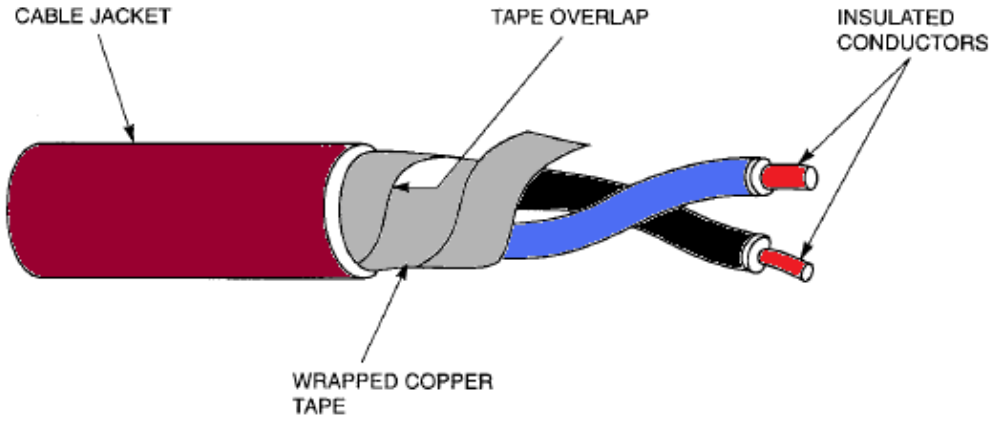


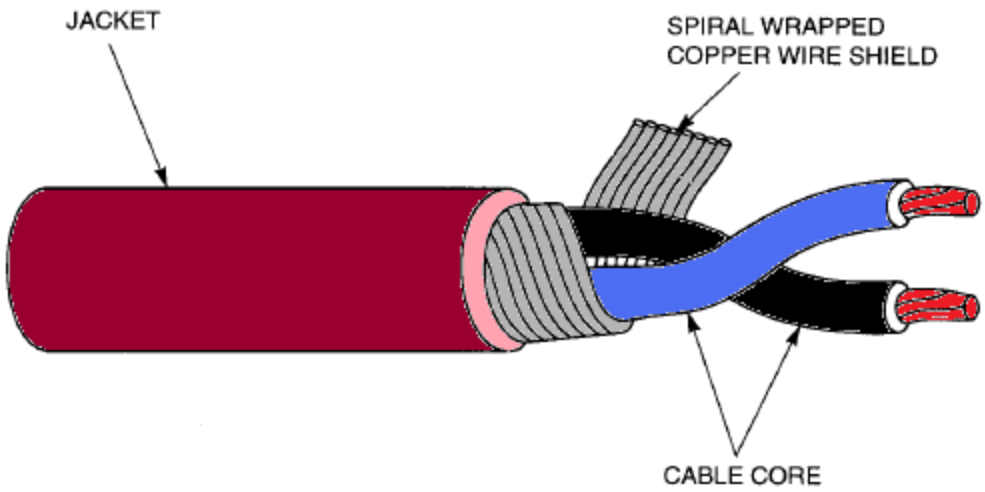
Figure 3—Longitudinally applied foil shield



Copyright © Belden Wire & Cable Company, Richmond, Ind. Reprinted with permission.

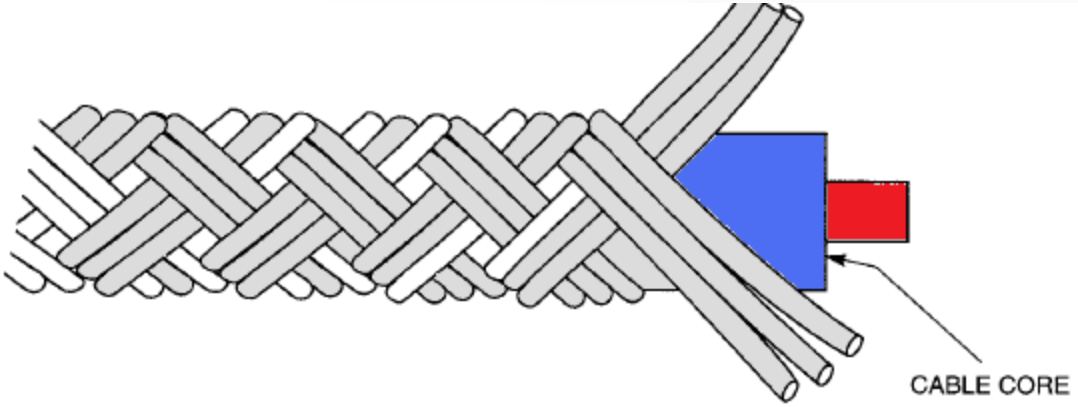
Figure 4—Spirally applied foil shield

Iranian Engineering Co.



Copyright © Belden Wire & Cable Company, Richmond, Ind. Reprinted with permission.

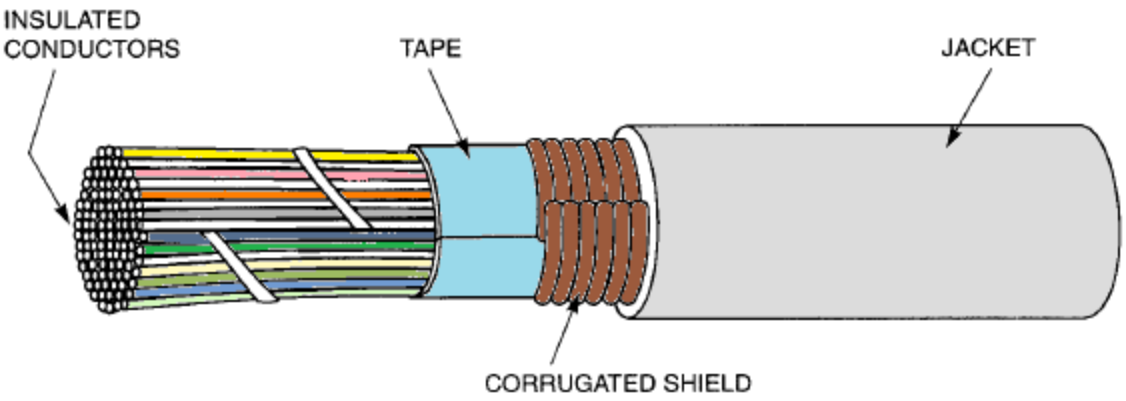
Figure 8—Spiral shield of wire serve



Copyright © Belden Wire & Cable Company, Richmond, Ind. Reprinted with permission.

Figure 9—Braid shield

Iranian Engineering Co.



Reprinted with permission from BICC/Brand-Rex, Willimantic, Conn.

Figure 11—Corrugated tape shield

5.8 Overall shields

Overall shields are used primarily with multiconductor cable in the following types of applications:

- Telemetering
- Communications
- Instruments
- Supervisory
- Control
- Electronic

آیا شیلد کابل همان آرمور (زره) کابل است ؟–

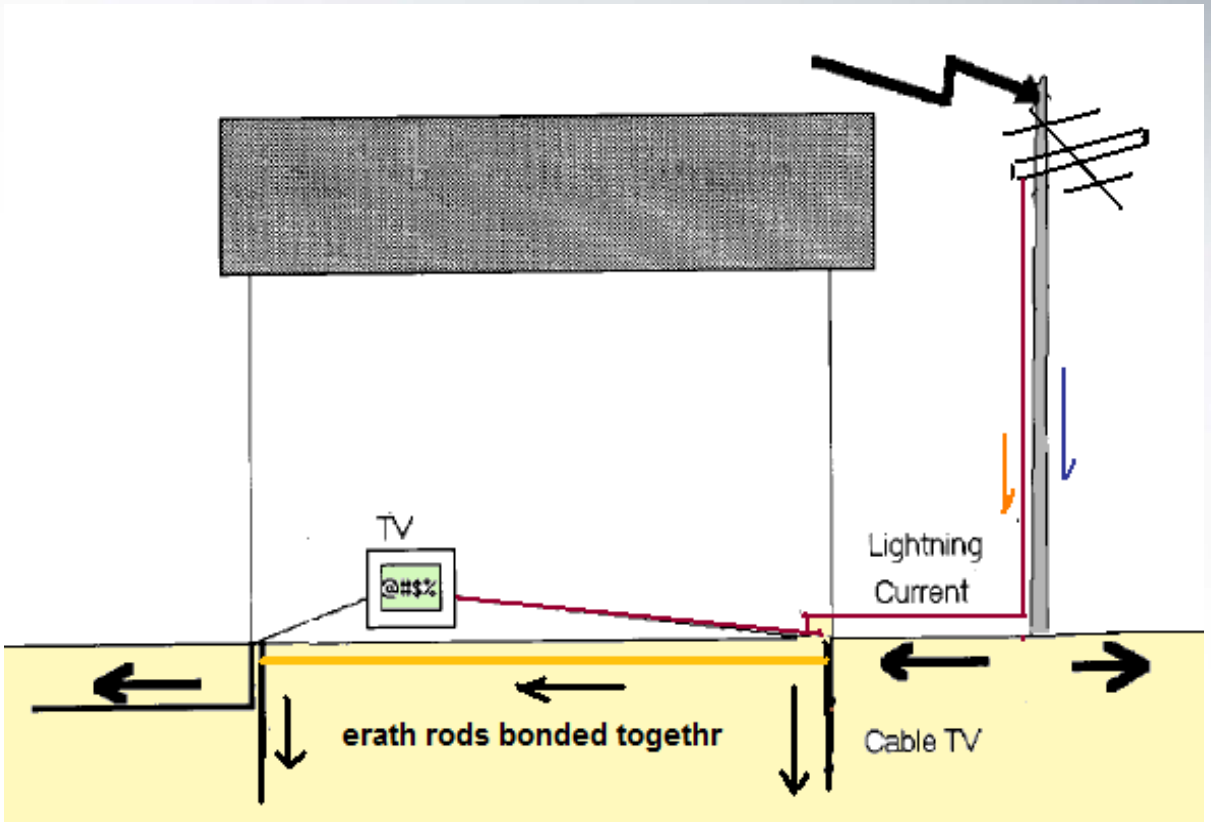
5.10 Shield and armor options

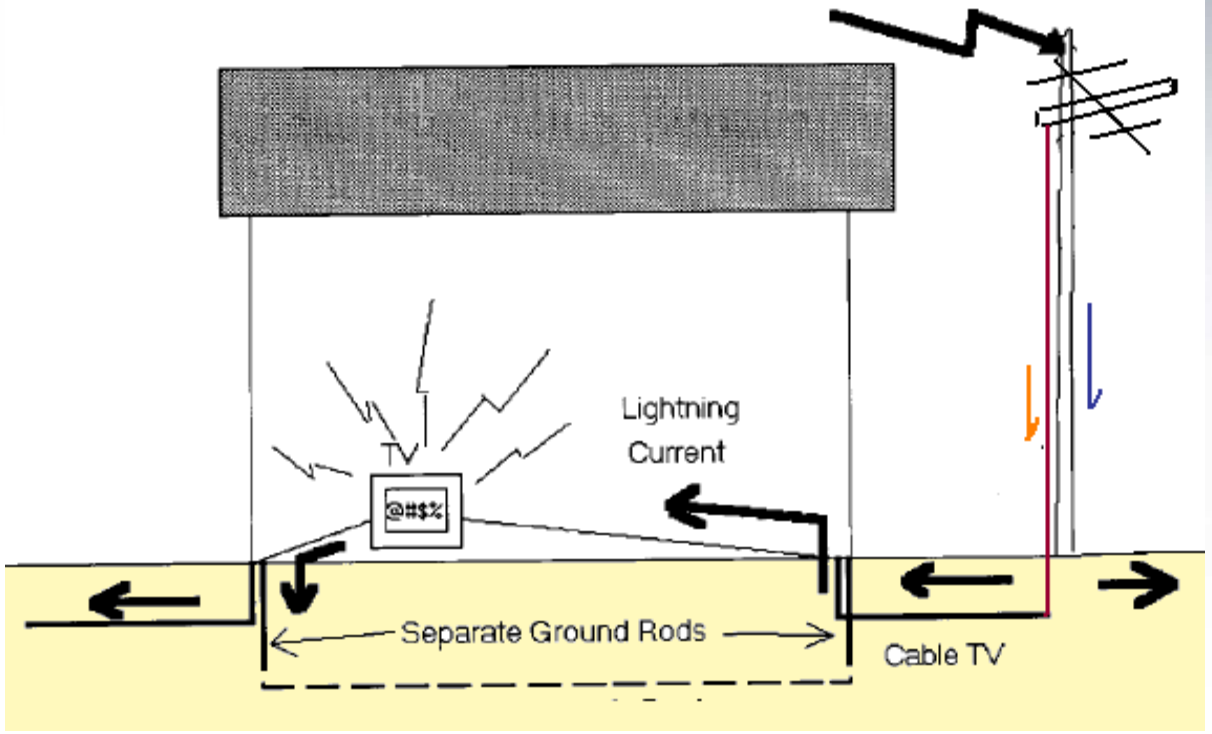
The shielding properties of shields and armors vary over a wide range. Spiral wound metal tapes provide very little electromagnetic shielding—they behave as solenoids—but they can provide low-frequency shielding against electric fields. Longitudinal tapes provide better electromagnetic shielding, but may be less flexible and have poor flexural durability unless a bonded structure is used. Braided wire shields provide good electromagnetic shielding and flexural durability. They are somewhat more expensive, and their shielding at high frequencies (above about 1 MHz) is poorer than that of tubular shields [although their shielding at low frequencies is better than that of tubular shields (and thin

Metal armor may also be applied to cables for mechanical protection. Exterior cables for power and telecommunications applications frequently use the shield and/or armor for an electrical role (power neutral or telephone cable shield) as well as mechanical protection. Interior cables that are exposed to contact or stress may also be armored for mechanical protection. Rigid or flexible conduit and braided steel wire or strip may be used as armor. The quality of the armor as an electromagnetic shield may vary from very poor to very good. The armor may be a very poor electromagnetic shield if it is an interlocked-spiral flexible conduit or served with a single layer of wire. It can be very good if it is a welded, corrugated armor/shield or a longitudinally folded tape. Table 3 provides some of the important properties of cable armors.

هم آره هم نه !!–

–Case Study




TV
@#$%
Lightning
Current
Separate Ground Rods
Cable TV

شرکت مهندسی ایرانیان

نکات مهم در خصوص پتانسیل قدم (گام)

2.8.1.1 Step Voltage Safety Limit. The maximum safe step voltage depends upon the duration of the individual's exposure to the voltage and upon the resistivity of the earth at the surface. The maximum safe step voltage for a shock duration of from 0.03 to 3.0 seconds has been expressed (2-3) as

$$V_{step\ (safe)} = \frac{165 + \rho_s}{\sqrt{t}} \qquad (2\text{-}55)$$

If we consider ro=10ohm.m

For a 30 millisecond or shorter duration, the maximum safe step voltage is 1000 volts, and for durations greater than 3 seconds, it is 100 volts.

paragraphs. It should be noted that step voltages depend upon electrode geometry as well as upon earth resistivity and current magnitude.

نکات مهم در خصوص پتانسیل قدم (گام)

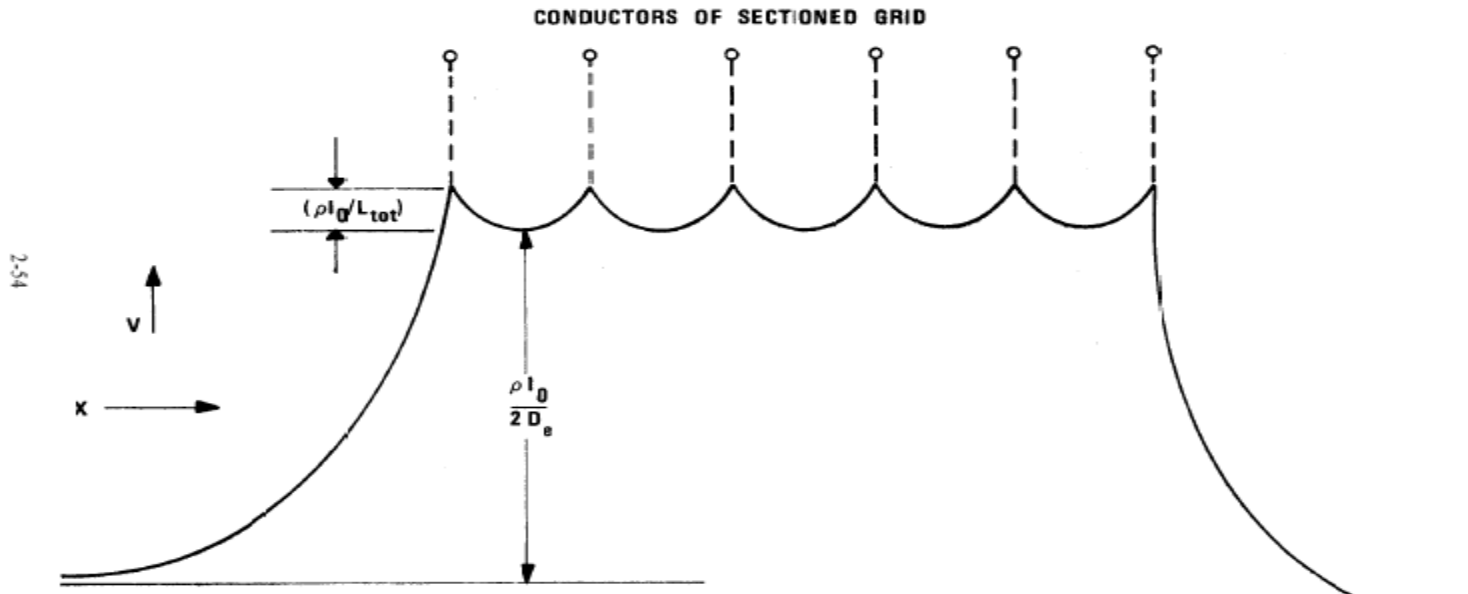


Figure 2-23. Surface Potential Variation Along a Grid

is the minimum voltage (with respect to infinity) at the edge of the grid, so that the grid simply translates the dangerous voltage gradient to the periphery of the grid (2-3).

نکات مهم در خصوص پتانسیل قدم (گام)-

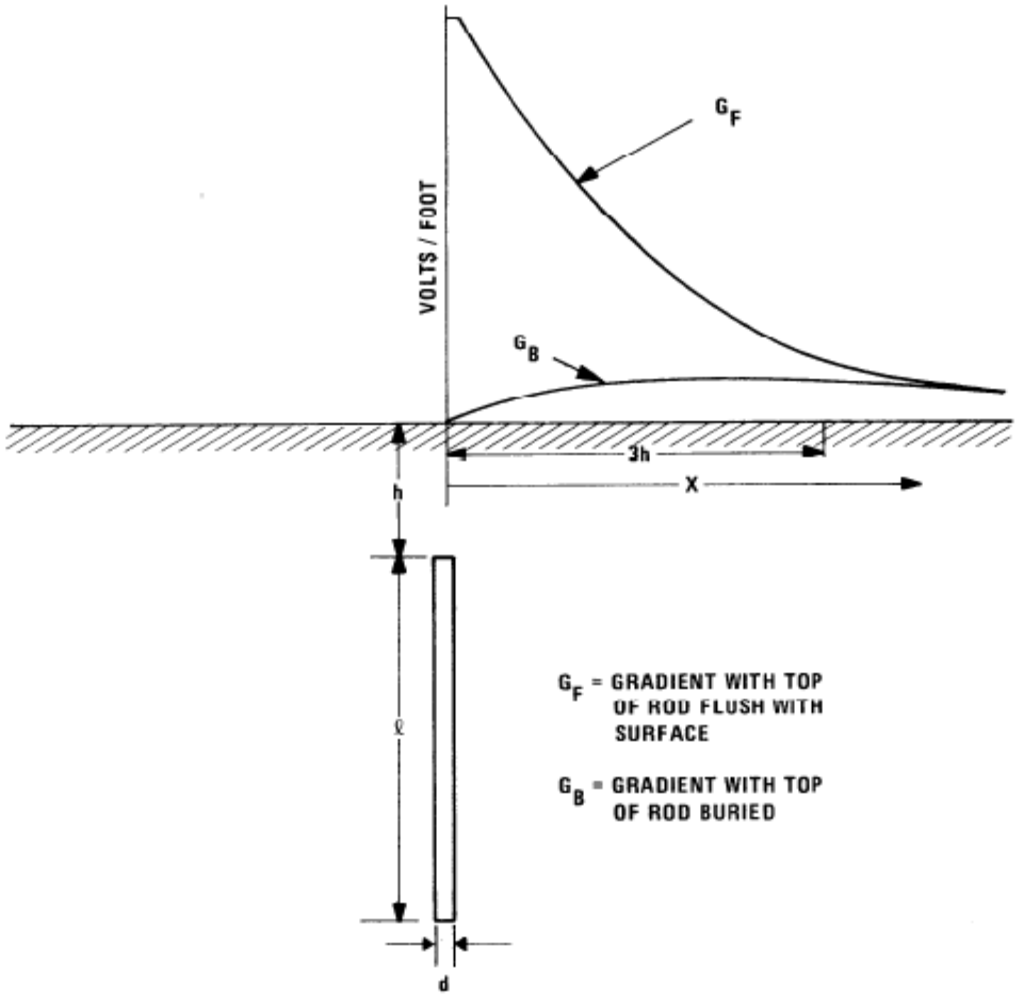


Figure 2-22. Variation of Surface Potential Produced by a Current Flowing Into an Isolated Ground Rod

شرکت مهندسی ایرانیان

نکاتی در خصوص مواد کاهنده مقاومت زمین

MIL-HDBK-419A

A porous clay, bentonite (also known as well drillers mud) can absorb water from surrounding soil and has hydration as well as water retention properties. When placed around ground rods and their interconnecting cable, it greatly increases the effective area of the rod and cable which in turn reduces the resistance of the earth electrode subsystem to earth (2-14, 2-15). Bentonite is generally available in dry (powder) form, must be saturated with water after initial installation and should be topped with a 12-inch layer of excavated soil. Caution is urged when using bentonite in areas that will ultimately be paved as it can expand to several times its dry volume when saturated. This can also prove to be a disadvantage of bentonite since it expands and contracts so much with moisture content, it can pull away from the ground rod and surrounding soil when moisture is lost. A much better backfill around ground rods is a mixture of 75 percent gypsum, 20 percent bentonite clay, and 5 percent sodium sulfate. The gypsum, which is calcium sulfate, absorbs and retains moisture and adds reactivity and conductivity to the mixture. Since it contracts very little when moisture is lost, it will not pull away from the ground rod or surrounding earth. The bentonite insures good contact between ground rod and earth by its expansion, while the sodium sulfate prevents polarization of the rod by removing the gases formed by current entering the earth through the rod. This mixture is available from cathodic protection distributors as standard galvanic anode backfill and is relatively inexpensive. The backfill mixture should be covered with 12 inches of excavated soil. This mixture is superior to chemical salts since it is much more enduring.

نکاتی در خصوص مواد کاهنده مقاومت زمین

MIL-HDBK-419A

2.9.3 Chemical Salting. Reduction of the resistance of an electrode may also be accomplished by the addition of ion-producing chemicals to the soil immediately surrounding the electrode. The better known chemicals in the order of preference are:

a. Magnesium sulphate ($MgSO_4$) - epsom salts.

b. Copper sulphate ($CuSO_4$) - blue vitriol.

c. Calcium chloride ($CaCl_2$).

d. Sodium chloride (NaCl) - common salt.

e. Potassium nitrate (KNO_3) - saltpeter.

Magnesium sulphate (epsom salts), which is the most common material used, combines low cost with high electrical conductivity and low corrosive effects on a ground electrode or plate. The use of common salt or saltpeter is not recommended as either will require that greater care be given to the protection against corrosion. Additionally, metal objects nearby but not related to grounding will also have to be treated to prevent damage by corrosion. Therefore, salt or saltpeter should only be used where absolutely necessary.

شرکت مهندسی ایرانیان Iranian Engineering Co.

ولتاژ انتقالی transfer voltage در پست های برق

احتمال برق دار شدن فنس همواره وجود دارد ، مثلا" ممکن است در اثر رخداد خطا یکی از خطوط ورودی پست به فنس اتصال یابد. بنابراین ضروری است که فنس به زمین اتصال یابد .

برای زمین کردن فنس دو امکان وجود دارد : یکی آنکه فنس به سیستم زمین پست وصل گردد ودیگر آنکه فنس به هادیهای دفن شده در خارج محوطه پست اتصال یابد .

طرح اول باعث کاهش مقاومت کلی سیستم زمین گردیده ، افزایش پتانسیل زمین در اثر خطا کاهش می یابد . نیز در صورت اتصال خطوط بافنس ، امپدانس اتصال کوتاه کوچک بوده و بنابراین رله های حفاظتی به سرعت عمل خواهند کرد . در طرح دوم گرادیان ولتاژ سطحی در خارج از محوطه پست کمتر بوده ، بنابراین ایمنی مردمی که در خارج از محوطه پست ممکن است با فنس اتصال یابند بیشتر است.

ولتاژ انتقالی transfer voltage در پست های برق

بنابراین توصیه میشود که فنس به سیستم زمین پست متصل گردد و هادی محیطی سیستم زمین در خارج از محوطه فنس قرار گیرد تاگرادیان ولتاژ سطحی در خارج از فنس در حد مقبول باشد و چنانچه سیستم زمین پست تا خارج از محوطه فنس ادامه نمی یابد ، توسط هادی مسی لخت مسیر بسته‌ای دراطراف فنس به فاصله یک متر از آن و در عمق دفن نیم متر ایجاد گردد و به شبکه زمین پست متصل شود . فنس باید در فواصل کمتراز ۵۰ متر ودر گوشه ها و در محل عبور خطوط انتقال

مرور فصل ۸ کتاب بنفش یا استاندارد IEEE 1100

Recommended Design/Installations practices for modern electronic load Equipment

بارهای االکترونیکی کامپیوتری جدید دارای سه – مشخصه بارز به شرح زیرهستند

۱. **به نویز و هارمونیک حساس تر هستند**
۲. **غیر خطی هستند**
۳. **خود نیز هارمونیک تولید میکنند**

۸.۴ انتخاب و چگونگی نصب تجهیزات –

8.4 Equipment selection and installation consideration

8.4.1 Dry-type transformer

ترانسفورماتور ایزوله هواخنک

استفاده از ترانس ایزوله که دارای شیلد الکترواستاتیکی است به عنوان اساسی ترین تجهیز بین سیستم تغذیه برق و تجهیزات الکترونیکی توصیه میگردد.

اتوترانس قادر به ایزوله کردن اولیه ثانویه نیست و نباید استفاده شود.

برای استفاده بارهای الکترونیک غیر خطی ترانس های تک فاز خیلی مناسب نیست زیرا هسته آنها به در اثر هارمونیک سه فاز این بارها ممکن است اشباع و گرم شود

8.4.1.1 Location

محل نصب ترانس ایزوله هر چه نزدیک تر به تابلوی فرعی تغذیه بار الکترونیک است.

8.4.1.2 Wiring methods

توصیه میشود سیم کشی اولیه ترانس ایزوله درون کاندوییت یا کانال مجزا از سیم کشی ثانویه قرار گیرد.

8.4.1.3 Grounding methods

گراندینگ مناسب جهت استفاده از مزایای ترانس ایزوله ضروری است –
.ترمینال نول ثانویه ،هادی الکترود زمین ،شیلد الکترواستاتیک و فریم ترانس و همه هادی های زمین بایستی در یک نقطه به هم متصل شوند.

8.4.1.4 Impedance considerations

استفاده از ترانس ایزوله با امپدانس درصدz% بین ۳تا ۵ درصد در فرکانس معمولی توصیه میشود. این امپدانس درصد هیچگاه نباید بیش از ۶٪ باشد.

هر چه امپدانس درصد ترانس ایزوله کمتر باشد اعوجاج موج ناشی از بارهای غیر خطی کمتر خواهد شد.

8.4.1.5 Electrostatic shield considerations

توصیه میشود ترانس ایزوله دارای یک لایه شیلد الکترواستاتیک بین سیم پیچ های اولیه و ثانویه میباشد.این شیلد بایستی مستقیما به بدنه فلزی ترانس متصل شود .استفاده از شیلد الکترواستاتیک دوم هم مفید است.شیلد دوم در جهت کاهش نویز کمک میکند.

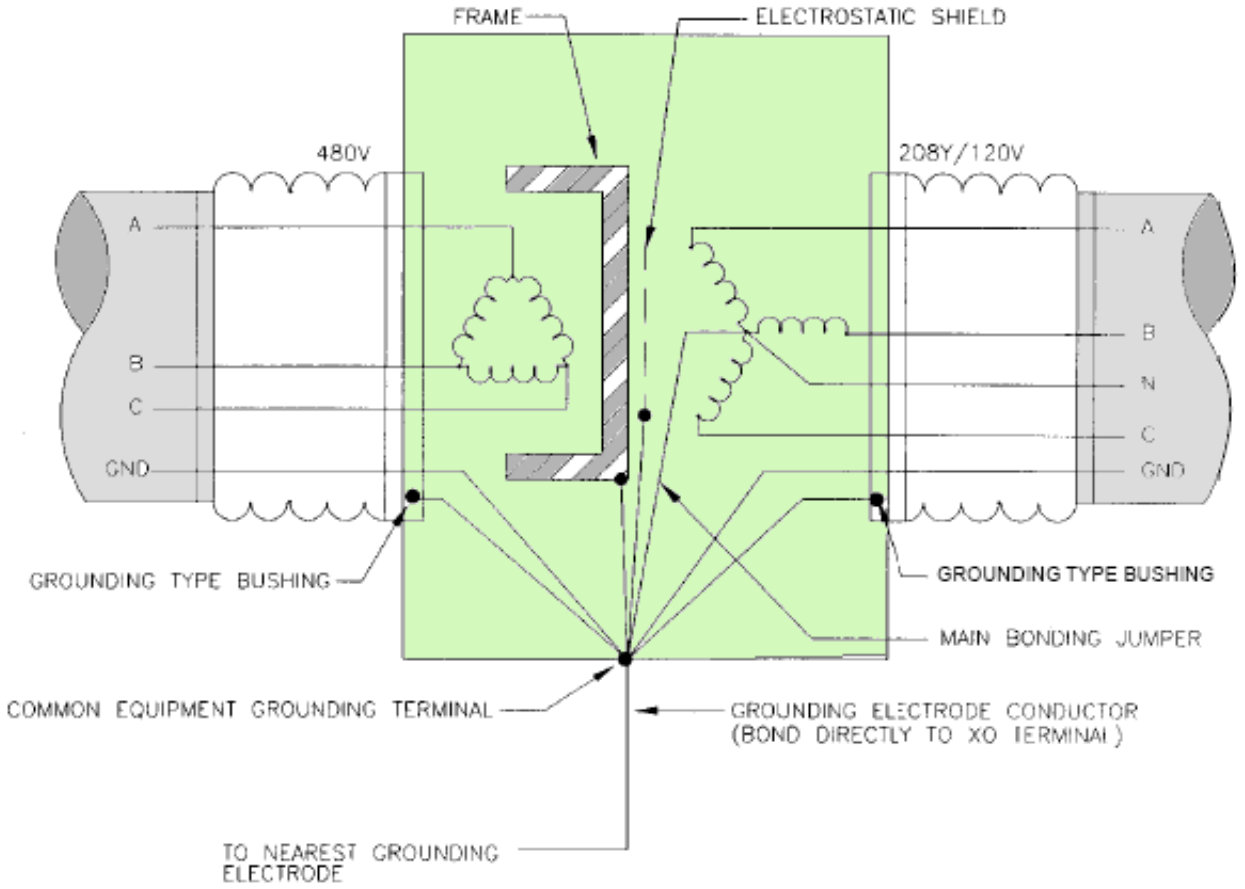


Figure 8-7—System grounding requirements of isolation transformer

8.5 Grounding considerations

All metal equipment parts such as enclosures, racks, raceways and conduits, equipment grounding conductors, and all grounding electrodes shall be bonded together into a continuous electrically conductive system. All grounding electrodes used for grounding of the power system, grounding of communications systems, and grounding of lightning protection systems shall be effectively and permanently bonded to each other as required by the NEC and NFPA 780-1997 (see Figure 8-6). All metallic systems shall be bonded to the power system grounding electrode system at the service entrance and at each separately derived power system on the premises. Specific metallic systems included in this requirement are the main and interior cold-water piping systems, the structural building steel system, and any other earth grounding electrodes that may be present on the premises.

–همه الکترودهای زمین که جهت گراندینگ سیستم قدرت ،مخابرات و کنترل و حتی صاعقه گیر استفاده میشوند بایستی به هم متصل شوند.این توصیه NEC و NFPA780 است.

تاسیسات و سازه های فلزی دیگر مثل لوله کشی آب سرد ،اسکلت فلزی ساختمان وهر گونه سیستم فلزی دیگر که به نوعی درون خاک یا دیوارها قرار میگیرند بایستی به هم متصل BOND شوند.به شکل صفحه بعد توجه شود.

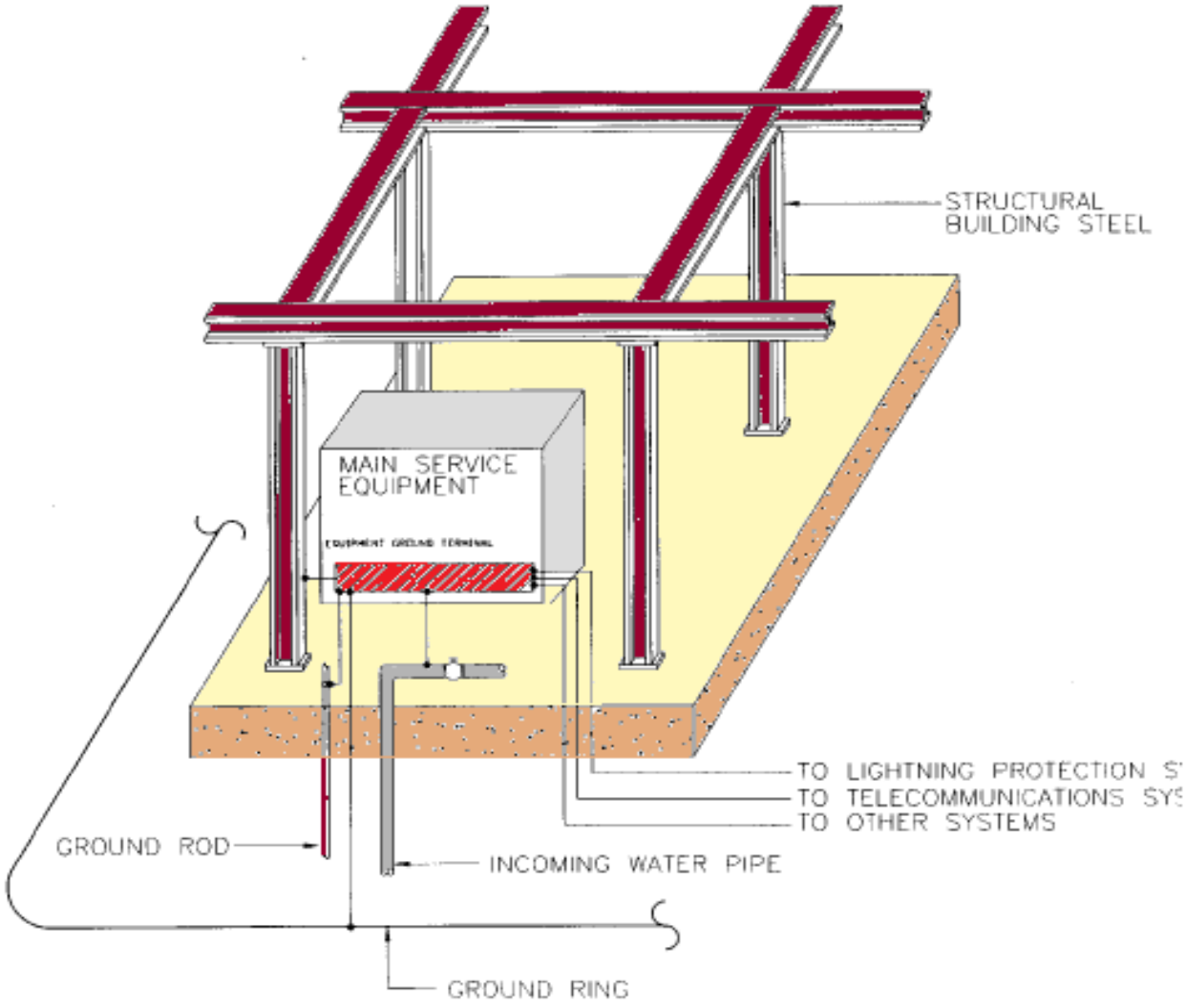


Figure 8-6—Interconnection of building grounding electrodes

8.5.1 Grounding electrode system

The installation of separate grounding electrodes that are intentionally not bonded to the power system grounding electrode system is strictly forbidden by the NEC. Such separate grounding electrodes typically take the form of driven ground rods that are installed in an unapproved attempt to isolate certain pieces of equipment from the power system ground. This installation technique violates the NEC and may cause extreme and hazardous voltage conditions to exist between differently grounded metal objects during power system faults and lightning activity.

It is easier to provide a reliable grounding system for electronic load equipment housed in buildings constructed of structural steel. Buildings constructed of reinforced concrete are not as effective for grounding and intersystem bonding separately derived sources located remotely from the service entrance. This is compounded in some modern facilities that utilize nonmetallic means for interior water piping. Where building steel is accessible, it should be

نصب میله های ارت که به هیچ طریقی به الکترودهای ارت سیستم قدرت متصل نشده اند طبق توصیه NEC اکیدا ممنوع است . دلیل آن هم این است که اگر فالتی در سیستم قدرت رخ دهد یا هنگام وقوع صاعقه بین دو سیستم الکترود ارت مجزا اختلاف ولتاژ زیاد و خطرناکی به وجود خواهد آمد.

اتصال به زمین سازه های فلزی ساختمان ضروری است و باید به یکی از طرق زیر انجام شود:

a) بوسیله دفن مستقیم سازه فلزی یا بتنی درون زمین که این امر به طور طبیعی با انجام شناژ های افقی در زمین انجام میشود که در این خصوص بایستی به مسئله ایزولاسیون رطوبتی شناژها و قیروگوونی آنها توجه شود که شناژ را از زمین عایق الکتریکی نکند .

b بوسیله ی الکترودهای ارت دست ساز مثل رینگ ها ی فلزی یا میله ارت هایی که اطراف ساختمان اجر میشود و در چند نقطه به بخش فلزی ساختمان متصل میشود.

ارتباط و تاثیر ارت الکتریکی system ground روی ارت حفاظتی

از نقطه نظر ایمنی و به خاطر عمل کردن سریع تجهیزات حفاظتی در هنگام وقوع خطا در سیستم نول کردن مستقیم یا solidly grounding توصیه میگردد.

از نقطه نظر عملکردی نیز نول کردن مستقیم چون میتواند یک مسیر برگشت موثر برای برگشت جریان فیلترها و سرج ارسترها ارائه نماید در مقایسه با روشهای دیگر بهتر است.

نکته مهم این است که از نظر NEC اتصال بیش از دو نقطه نول به ارت ممنوع است ، عملی ساختن این توصیه مخصوصا وقتی جهت تامین برق بدون وقفه به UPS نیاز داریم دقت بیشتر را میطلبد

From a personnel safety standpoint, properly grounded system components minimize potential differences that may exist between various system components under steady-state and transient conditions. From a system protection standpoint, properly grounded system components provide a low impedance path for ground fault currents and promote the timely operation of overcurrent protective devices in case of ground faults.

Recommended practice is to use insulated (non-bare) equipment grounding conductors installed in grounded metal conduit and run with the other circuit conductors feeding electronic load equipment. Although the installation of an insulated equipment grounding conductor to supplement the grounded raceway or conduit is not required by the NEC, this additional equipment grounding conductor is vital for circuits serving electronic load equipment. The intent of the equipment grounding conductor is twofold. In standard equipment

the electronic load equipment to the power system or separately derived system. The grounded metallic conduit acts as an electromagnetic shield for the circuit serving the electronic load equipment. In either case, the insulated equipment grounding conductor(s) shall be run in the same raceway or conduit as the phase and neutral conductors. Grounding configurations provide equalizing of potential between grounded objects at 60 Hz. But as the frequency increases, other grounding means must also be considered to cover frequencies in higher ranges.

8.5.3.1 Standard equipment ground configuration

The standard equipment ground configuration uses an insulated equipment grounding conductor, typically green in color, run with the phase and neutral conductors to supplement grounded metal raceway and conduit. The conduit and raceway systems may rely solely on

There are different types of conduit systems that offer better shielding and grounding properties than others. In all cases, the recommended practice is for grounding bushings (and associated grounding conductors) to be installed to supplement the mechanical connections at each location that the conduit system is connected to metal enclosures. These different types of conduit systems, their recommended installation practices, and the application of grounding bushings are discussed in more detail in 8.4.8.

8.5.3.2 Isolated ground configuration

The isolated ground configuration also uses an insulated equipment grounding conductor, typically green in color with yellow stripe, run with the phase, neutral, and standard equipment grounding conductors from the electronic load equipment to the equipment grounding terminal of the power system or separately derived system. As opposed to the standard equipment grounding configuration, this additional insulated equipment grounding conductor typically connects the isolated ground receptacle (IGR) only to the equipment grounding terminal or bus of the power system source or separately derived system. This equipment grounding conductor extends radially downstream to the chassis of the electronic load equipment without contacting any grounded metal surfaces such as metal conduits and raceways, panelboards, and outlet boxes for receptacles (see Figure 8-17 and Figure 8-18). When this equipment grounding configuration is used, the enclosing metal raceway must still be properly grounded. This type of equipment grounding configuration is only intended to be used for reducing common-mode electrical noise on the electronic load equipment circuit as described in the NEC. It has no other purpose and its effects are variable and controversial. The use of the traditional orange-colored isolated grounding receptacle for the express purpose of identifying computer grade power is not allowed per the NEC. If unacceptable electromagnetic interference is found to be active on the circuit, an isolated grounding receptacle circuit may be considered as one potential mitigation method. Robust design of the electronic load equipment for immunity to disturbances on the grounding circuit is another method. Particularly for distributed computing and telecommunications electronic loads, using optical signaling interfaces reduces susceptibility to disturbances on the grounding circuit.

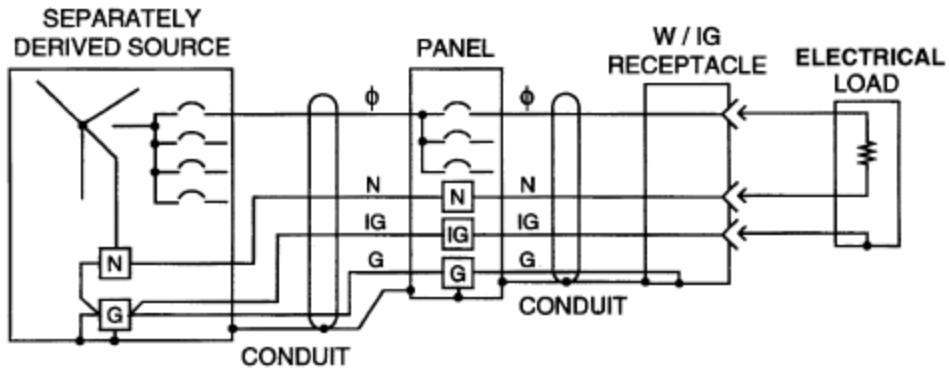


Figure 8-17—Isolated grounding conductor pass through distribution panel

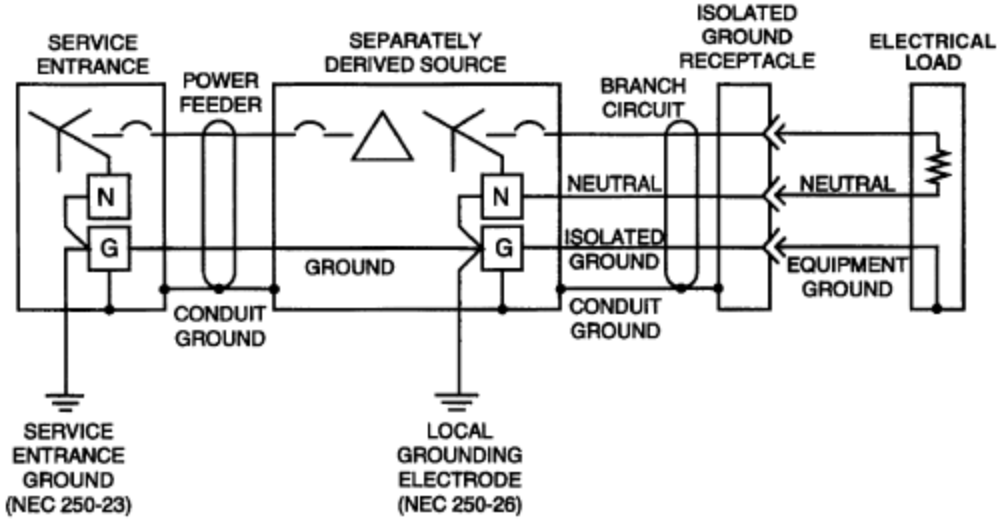


Figure 8-18—Isolated grounding conductor wiring method with separately derived source

The isolated grounding configuration is only directly applicable to metal-enclosed wiring means and has no useful purpose with nonmetallic wiring systems. Nonmetallic wiring systems are at least partially constructed as if they are isolated grounding types, since no metal conduit or raceway is involved in the wiring path to be bonded to the equipment grounding conductor of the circuit. An exception is where the branch circuit outlet is locally bonded to a grounded metallic object. In any case, the nonmetallic wiring system does not provide electromagnetic shielding for the enclosed circuit conductors and should not be used. Safety and performance concerns related to the length of the nonmetallic wiring system are similar to those described for the isolated grounding receptacle circuit.

The use of the isolated ground configuration may provide beneficial effects to circuits that supply electronic load equipment that do not otherwise connect to grounded objects. The conduit acts as a shield for the circuit conductors and the isolated equipment grounding conductor against radiated noise. In addition, conducted ground currents are discouraged from entering the electronic load equipment. However, if the electronic equipment contains other connections to grounded objects, the integrity and purpose of the isolated grounding configuration is defeated. These connections to ground may be either intentional or unintentional.

8.5.3.2.3 Routing of isolated grounding conductors

All isolated equipment grounding conductors should be sized per the requirements of the NEC and are required to be routed within the same metallic conduit or raceway as the associated phase, neutral, and standard equipment grounding conductors for the entire length of the involved circuit. Terminations of the isolated equipment grounding conductors similarly shall

desirable paths such as through electronic load equipment and associated data cables. The use of any separate or isolated form of earth grounding electrodes for use as a point of connection of the isolated equipment grounding conductor is a violation of the NEC. Such an improper isolated grounding scheme does not meet code requirements for effective grounding. The generally perceived need for an isolated earth grounding electrode scheme in relation to the isolated method is not based on good engineering judgment. In the past, this unsafe method of grounding has been erroneously promoted in both advertisements and articles in various trade publications, and in obsolete technical information provided by misinformed vendors. More recent publications do not promote this erroneous method and tend to point out the fallacy of this method.

شرکت مهندسی ایرانیان

Improper installation of an isolated form of grounding electrode for the isolated equipment grounding conductor has two major flaws:

a) Under ground fault conditions, this path forms a high impedance return path which may desensitize or prevent the operation of overcurrent protective devices.

b) There is an inherent inability to limit the potential developed between the isolated equipment grounding electrode, the connected equipment, and other accessible grounded objects.

Lightning commonly creates conditions of several thousands to tens of thousands of volts between two (or more) such earth grounding electrodes according to FIPS PUB 94-1983. System ground faults may create similar problems in relation to the power system's nominal line-to-ground voltage and the fault-current magnitude. These conditions result in problems ranging from personnel hazard to equipment malfunction to component damage.

8.5.4 High-frequency grounding configuration

A signal reference structure (SRS) should be employed as the basic means of achieving a high-frequency common ground reference for all equipment within a contiguous area. A properly designed and installed SRS effectively equalizes ground potential over a broad range of frequencies from dc through the megahertz range. Accordingly, although it is often referred to as a high-frequency ground reference structure, it may be best described as a broadband ground reference system. The SRS typically can be economically and effectively constructed in the form of a signal reference grid. The use of a signal reference plane may be recommended for some applications where the subject system operates at a higher frequency than the typical signal reference grid design cut-off frequency.

Hybrid forms of SRS employing mixtures of signal reference grid and signal reference planes for varied construction and improved overall performance are also useful. They are used

Recommended practice for high-frequency referencing of electronic load equipment does not involve the earth or any earth grounding electrode system except for electrical and fire safety purposes as described in the NEC and NFPA 780-1997. Earth and earth-related paths are not a desired or effective part of the signal path. Higher-frequency grounding principles are further discussed in Chapter 4.

An SRS may be typically constructed using one of the following four methods (in decreasing order of effectiveness):

- Solid covering of sheetmetal
- Grid of copper straps
- Grid of copper or aluminum wire
- Raised flooring substructure

When it is not practical or feasible to utilize the above means (specifically when equipment is located in areas outside equipment rooms), other possibilities for SRS involve the use of welded steel mesh such as that used in concrete reinforcing, galvanized steel sheet floor decking, welded galvanized steel screen with 6–13 mm (0.25–0.5 in) openings, or very thin copper or aluminum foils [0.375 mm (0.015 in) to 0.75 mm (0.03 in) thick] applied directly to the structural subfloor via adhesive or other suitable means. A sheetmetal signal reference plane or grid formed from thin foil may be installed directly beneath carpeting or similar floor covering, without being appreciably noticeable. Figure 8-19, Figure 8-20, Figure 8-21, and Figure 8-22 illustrate various methods of creating signal reference grids in these cases.

شرکت مهندسی ایرانیان Iranian Engineering Co.

8.5.4.1 Solid covering of sheetmetal

The most effective (and most costly) SRS is one which is completely solid. This can be fabricated by using solid sheetmetal and solidly connecting all equipment directly to the sheetmetal using low-inductance means. This form works well in applications such as meta