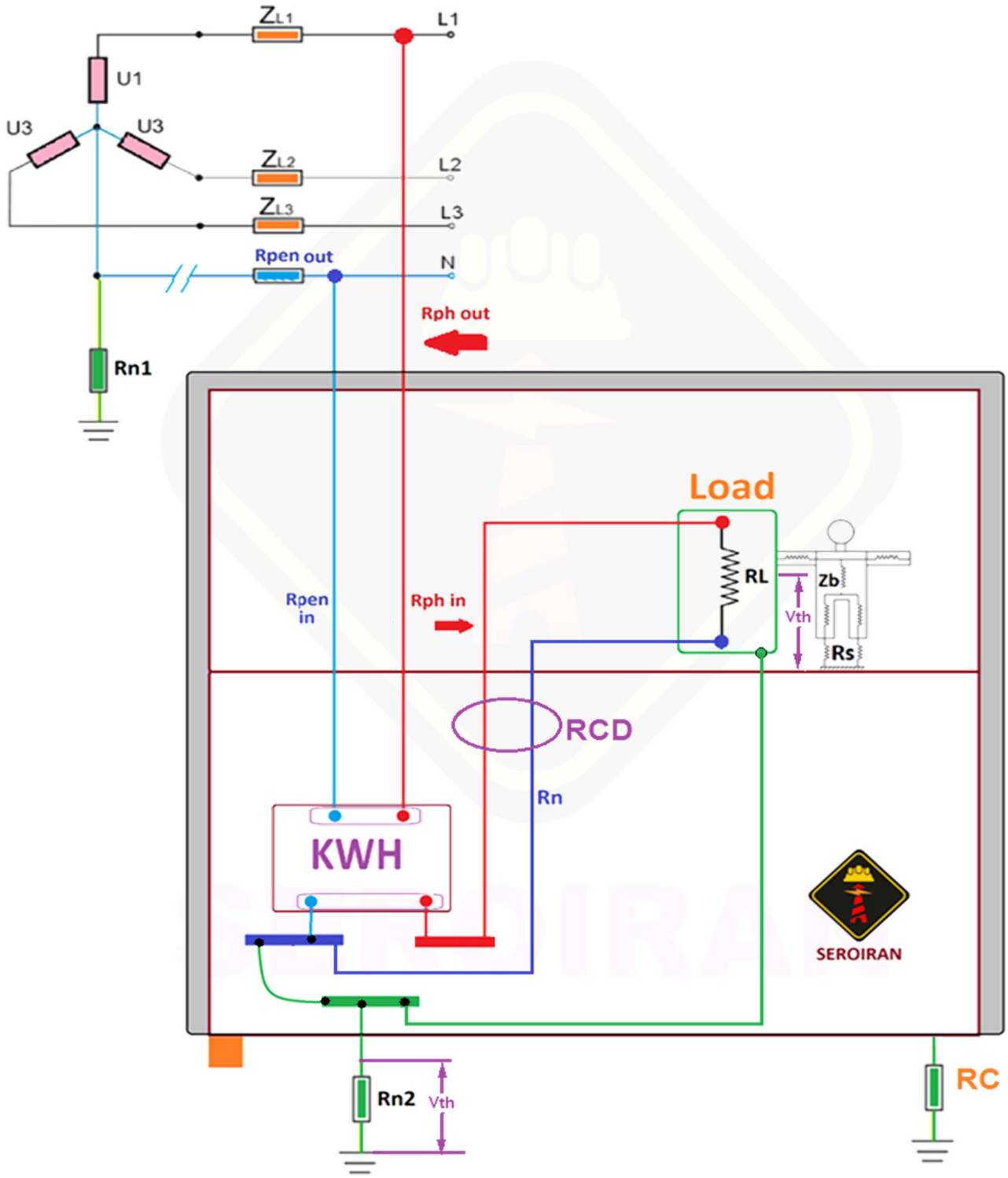
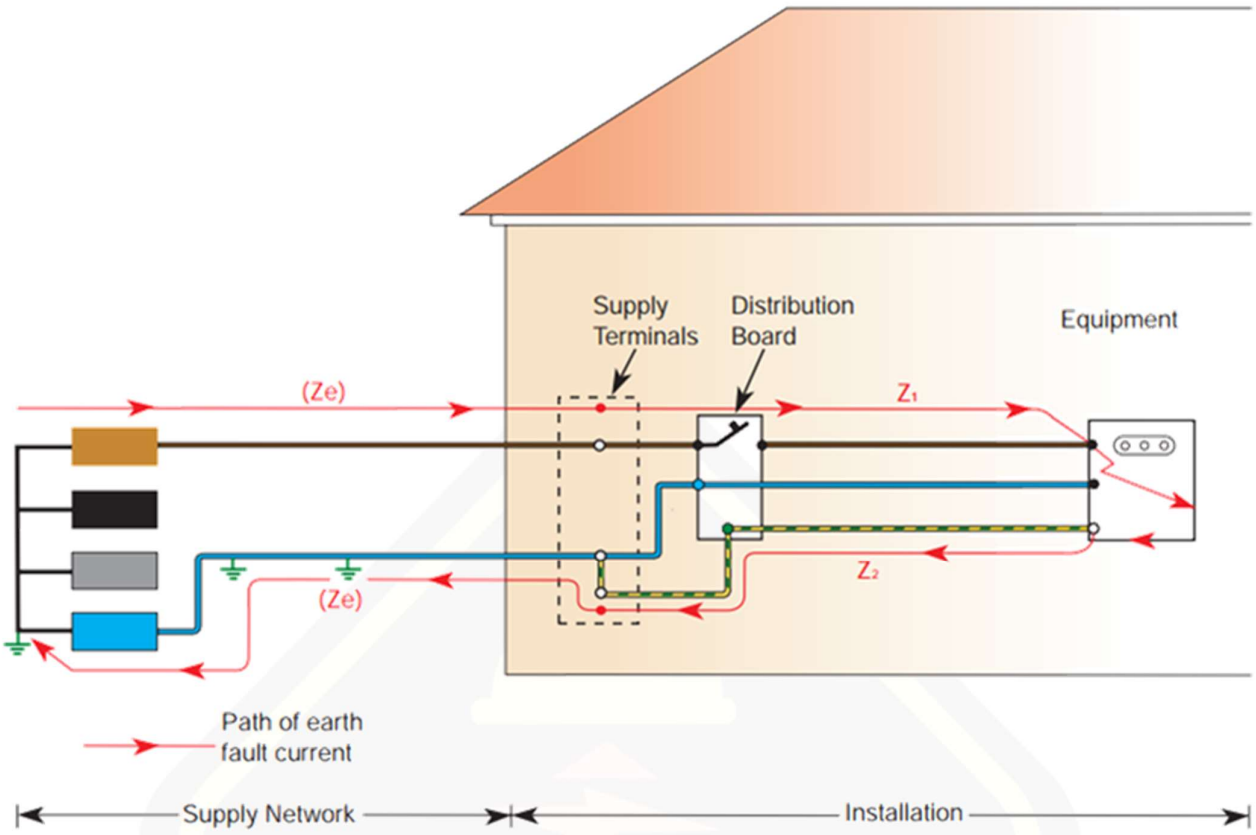
فصل اول

مو شکافی و ضرورت اهمیت همبندی اصلی و آنالیز مخاطرات عدم همبندی اصلی در حالت پارگی هادی PEN:

حالت اول: فرض بر این است که ساختمان دارای الکترود زمین مستقل 5 اهمی و این الکترود زمین مستقل از فونداسیون بوده و شبکه تغذیه TNC-S است و فاقد همبندی و اتصال بین قطعات اتصال ستونها «همبندی اصلی» به شبکه الکترود زمین است.



نکته: مقاومت فونداسیون نسبت به جرم کلی زمین نیز $R_C = 1\ \Omega$ فرض شده.



مقادیر مقاومتها نیز به شرح زیر است:

$R_{ZL1} = 0.1\ \Omega$ $R_{ph\ out} = 0.1\ \Omega$ $R_{ph\ in} = 0.1\ \Omega$ $R_L = 10\ \Omega$

$R_{n2} = 5\Omega$ $R_{pe} = 0.1\ \Omega$ $Z_b = 1000\ \Omega$

$R_s = 200\ \Omega$ $R_C = 1\ \Omega$ $R_{n1} = 2\ \Omega$

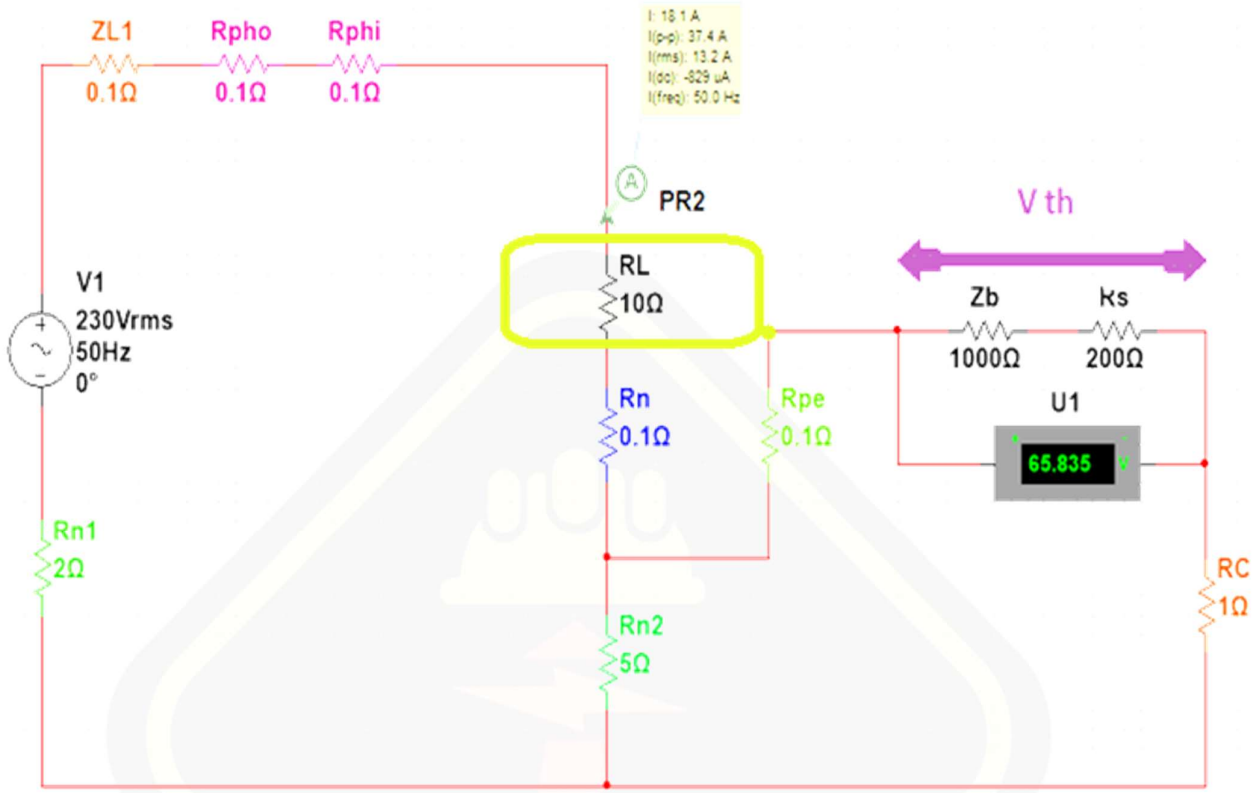
$Rpe = 0.1\Omega$ $R_{pen\ in} = 0.1\ \Omega$ $R_{pen\ out} = 0.1\ \Omega$

اگر در شرایط فعلی ذکر شده هادی pen به صورت اتفاقی در مسیر تغذیه پاره شود مقدار جریان به شرح زیر است:

$$If = \frac{v_{ph}}{R_{ZL1} + R_{ph\ out} + R_{ph\ in} + R_L + R_n + \left(R_{n2} \parallel R_{pe} + Z_b + R_s + R_c\right) + R_{n1}}$$

$$If = \frac{230}{0.1 + 0.1 + 0.1 + 10 + 0.1 + (5 \parallel 0.1 + 1000 + 200 + 1) + 2} = 13.2\ A$$

در این حالت ولتاژ تماس فرد با شرایط ذکر شده برابر است با:

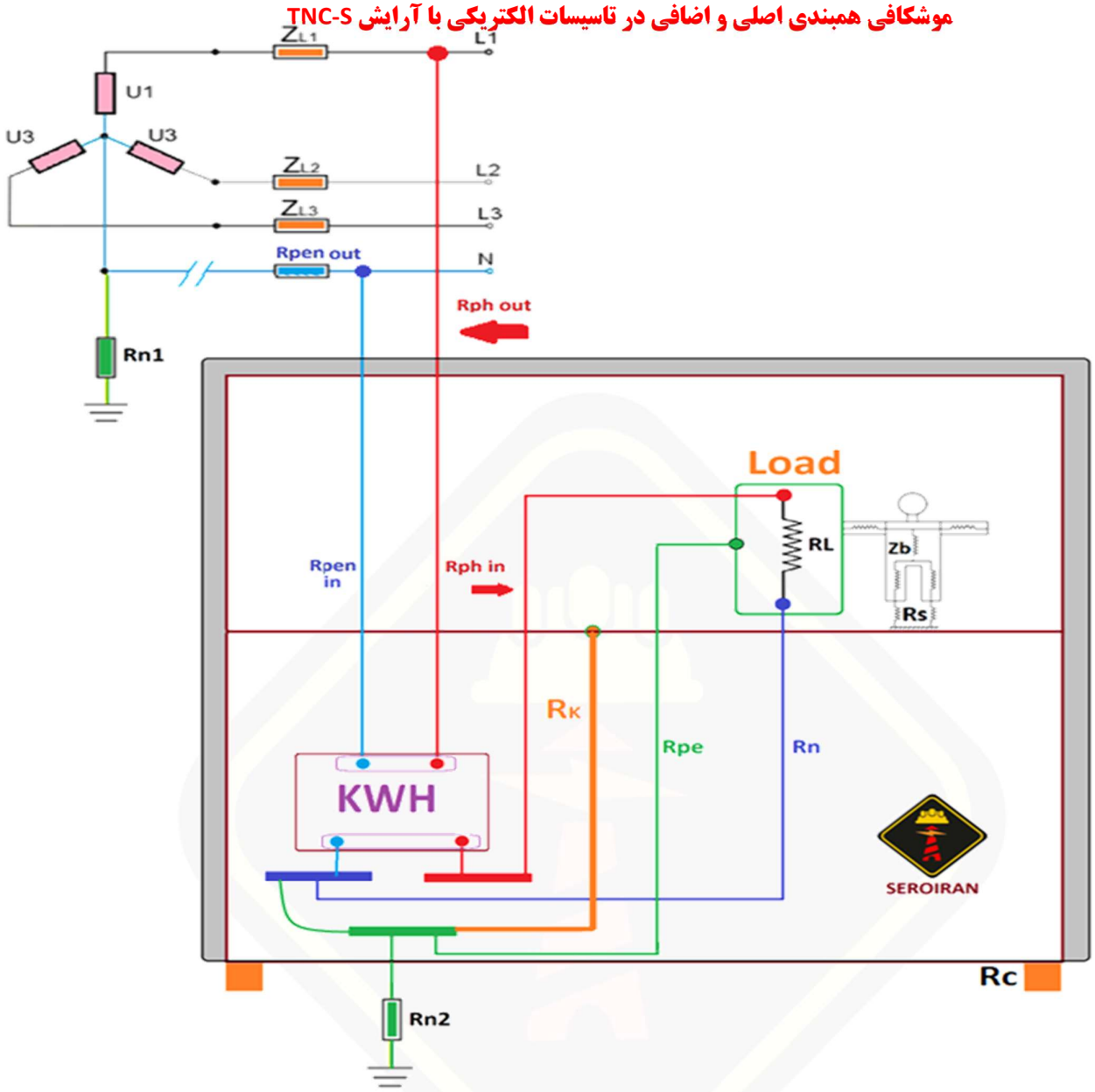


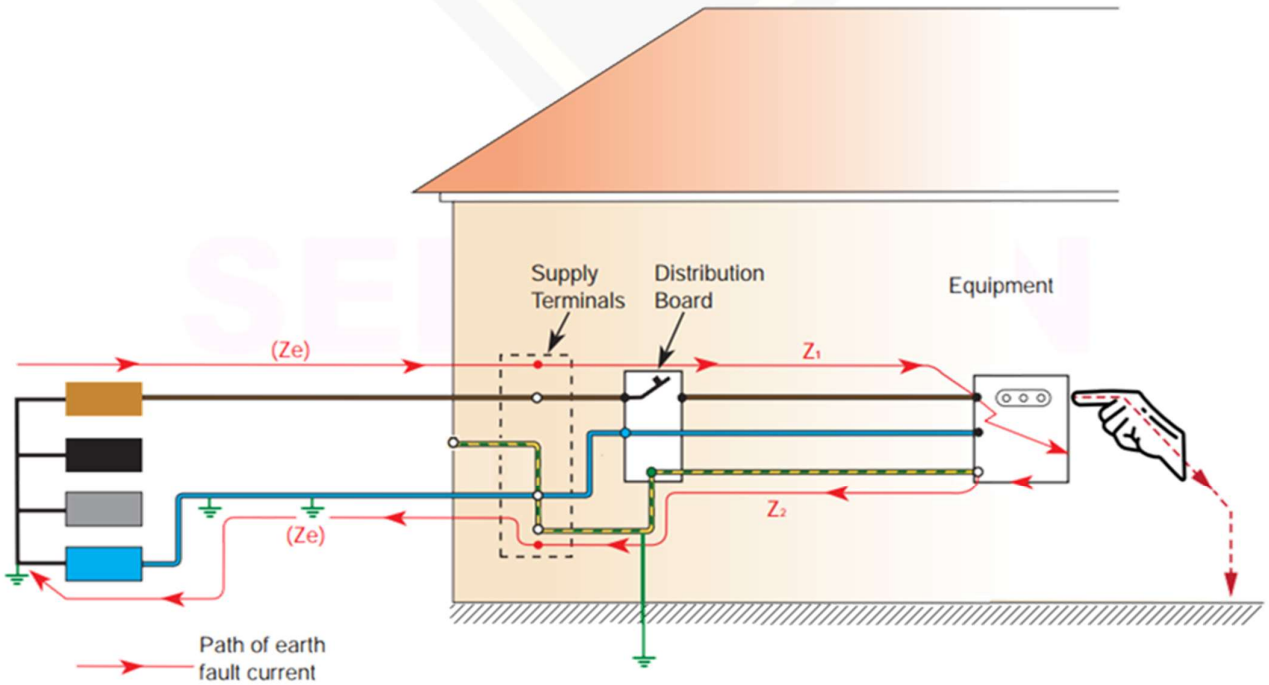
$$V_{th} = If \times (R_{n1}) = 13.2 \times (5) \sim 66\ V$$

همان طور که مشاهده می‌شود ولتاژ تماسی بیش از ولتاژ تماس مجاز«50 ولت» است و از طرفی حتی با وجود کلید جریان باقی مانده در مدار تغذیه، چون مقدار جریان گذرنده از فاز و خنثی برابر است ، عملکرد قطع و تشخیص خطا توسط این تجهیز اعمال نمی‌شود و فرد دچار برق گرفتگی خواهد شد.

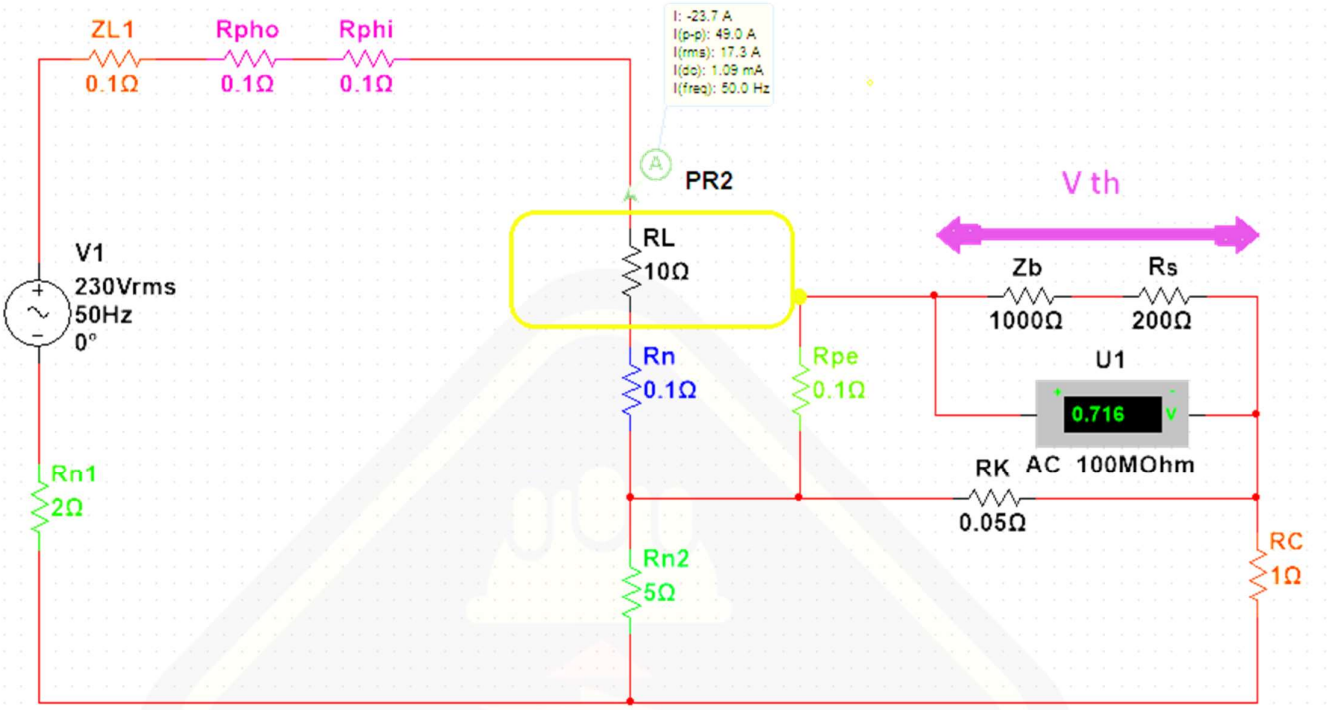
حالت دوم: فرض بر این است که ساختمان «برابر شرایط حالت اول»دارای الکترود زمین مستقل 5 اهمی و جدای از فونداسیون بوده و شبکه تغذیه TNC-S است و دارای همبندی و اتصال قطعات اتصال ستونها به شبکه زمین است .

نکته: مقاومت فونداسیون نسبت به جرم کلی زمین نیز $R_C = 1\ \Omega$ فرض شده.


ZL1
L1
U1
U3
U3
ZL2
L2
ZL3
L3
Rpen out
N
Rph out
Rn1
Load
RL
Zb
Rs
Rpen in
Rph in
RK
Rpe
Rn
KWH
SEROIRAN
Rc
Rn2


Supply Terminals
Distribution Board
Equipment
(Ze)
Z1
Z2
(Ze)
Path of earth fault current

در این حالت ولتاژ تماس فرد با شرایط ذکر شده برابر است با:



همانطور که مشاهده می‌شود R_k که مقاومت 0.05 اهمی هادی همبندی بین الکترود زمین و قطعه اتصال همبندی اصلی است به شکل اضافه شد و آنالیز با شرایط فعلی در زیر مشاهده خواهد شد.

$$R_{ZL1} = 0.1\ \Omega \qquad R_{ph\ out} = 0.1\ \Omega \qquad R_{ph\ in} = 0.1\ \Omega \qquad R_L = 10\ \Omega$$

$$R_n = 0.1\ \Omega \qquad R_{n2} = 5\Omega \qquad R_{pe} = 0.1\ \Omega \qquad Z_b = 1000\ \Omega$$

$$R_s = 200\ \Omega \qquad R_C = 1\ \Omega \qquad R_{n1} = 2\ \Omega$$

$$Rpe = 0.1\Omega \qquad R_{pen\ in} = 0.1\ \Omega \qquad R_{pen\ out} = 0.1\ \Omega$$

$$R_k = 0.05\Omega$$

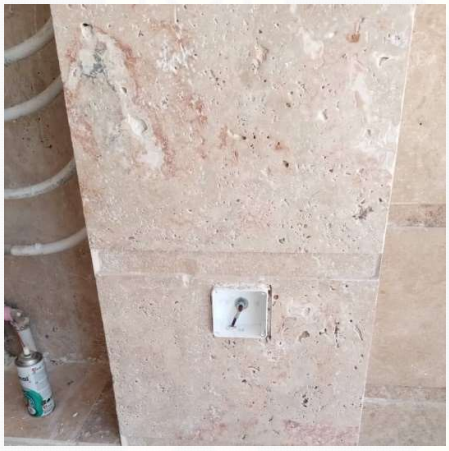
در حالت جدید مدار معادل به شرح زیر است:

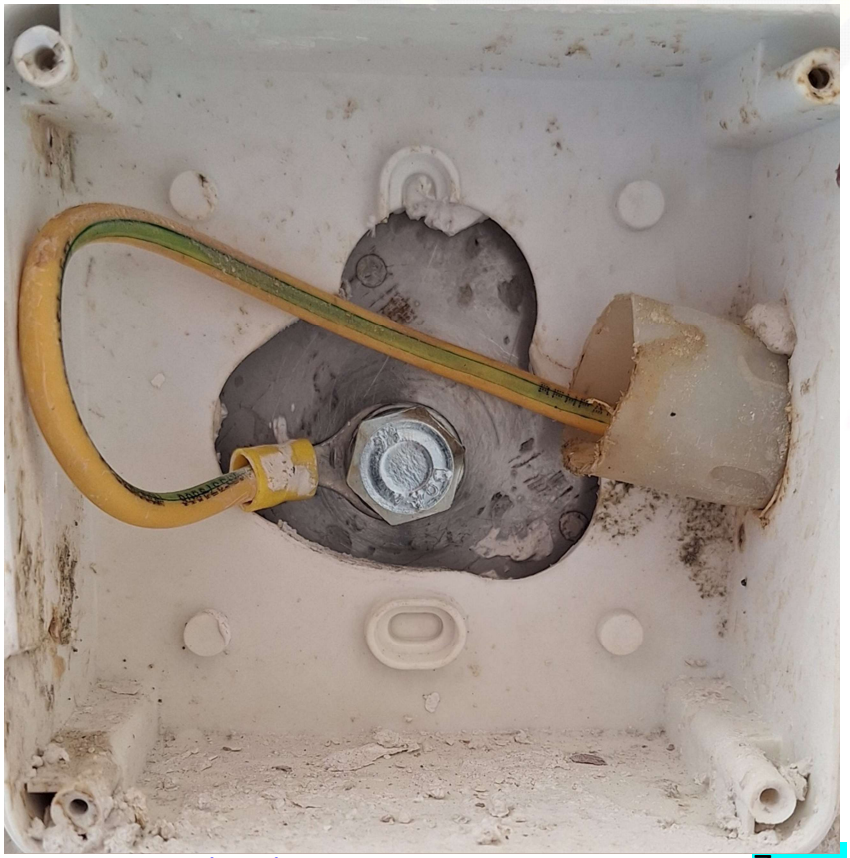
$$If = \frac{v_{ph}}{R_{ZL1} + R_{ph\,out} + R_{ph\,in} + R_L + R_n + \left(\{R_{n2} \parallel R_c + R_k\} \parallel \{R_{pe} + Z_b + R_s\}\right) + R_{n1}}$$

$$If = \frac{v_{ph}}{0.1 + 0.1 + 0.1 + 10 + 0.1 + (\{5 \parallel 1 + 0.05\} \parallel \{0.1 + 1000 + 200\}) + 2}$$

$$If = 17.3\ A$$

$$V_T = Ik \times (R_k) = 14.29 \times (0.05) = 0.71\ V$$





نتیجه گیری:

با توجه به اینکه ساختمان دارای الکترود زمین و کلید جریان باقی مانده بود، به دلیل اینکه در هر دو حالت جریانهای هادی فاز و خنثی باهم برابرند و به صورت سری هستند، عدم عملکرد کلید جریان باقی مانده را داریم و با شرایط عادی ذکر شده برق گرفتگی حتما اتفاق خواهد افتاد و دو نکته بسیار مهم از مطالب فوق باید مد نظر داشته باشیم:

نکته اول: همبندی اصلی تکمیل کننده ایمنی جان افراد است حتی با وجود کلید جریان باقی مانده و الکترود زمین مناسب.

نکته دوم: تعدد اتصالات ستونها به شینه زمین با سه اتصال(ستون نزدیک تابلو برق و ستون راه پله و ستون دور) بخاطر پارگی احتمالی یا قطعی هادی همبندی ستون تا شینه زمین است.

جهت ایمنی هرچه بیشتر و جلوگیری از پارگی احتمالی در اتصال هادی ها به شینه خنثی و حفظ مقاومت 0.05 اهمی هادی ، جدول زیر در طولهای مختلف پیشنهاد می‌شود که رعایت گردد.

اندازه سطح مقطع بر حسب میلیمتر مربع طول هادی(متر)	
6	16
10	27
16	43
25	68
35	95

فصل دوم

ضرورت اهمیت همبندی تکمیلی در شرایط بحرانی در ساختمانها

SEROIRAN

ضرورت اهمیت همبندی تکمیلی در شرایط بحرانی در ساختمانها

پ 1—2—8—5 چنانچه کمترین شکی نسبت به کارایی وسایل قطع خودکار مدار، «فیوزها و انواع کلیدهای خودکار» وجود داشته باشد، باید از همبندی اضافی برای هم ولتاژ کردن استفاده کرد. همبندی اضافی ممکن است کلیه تاسیسات، قسمتی از آن و یا یک دستگاه، وسیله یا محل را در بر گیرد.

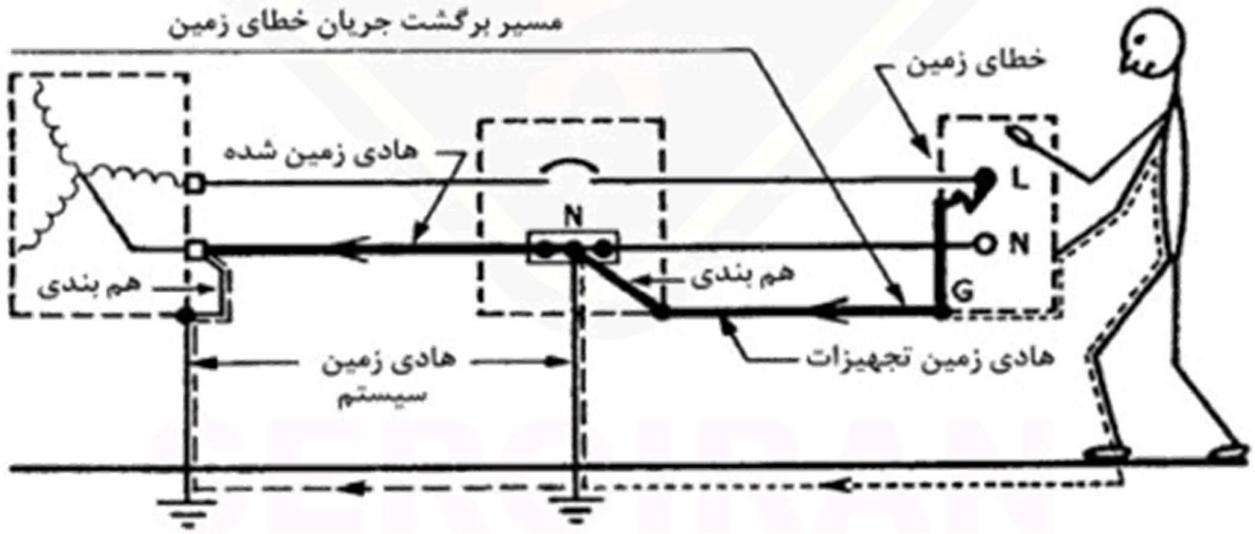
همبندی اضافی برای همولتاژ کردن باید کلیه قسمتهای هادی یا فلزی را که به طور همزمان در آن محل در دسترس اند، در برگیرد از جمله:

الف) کلیه بدنه های هادی دستگاه و لوازم نصب ثابت

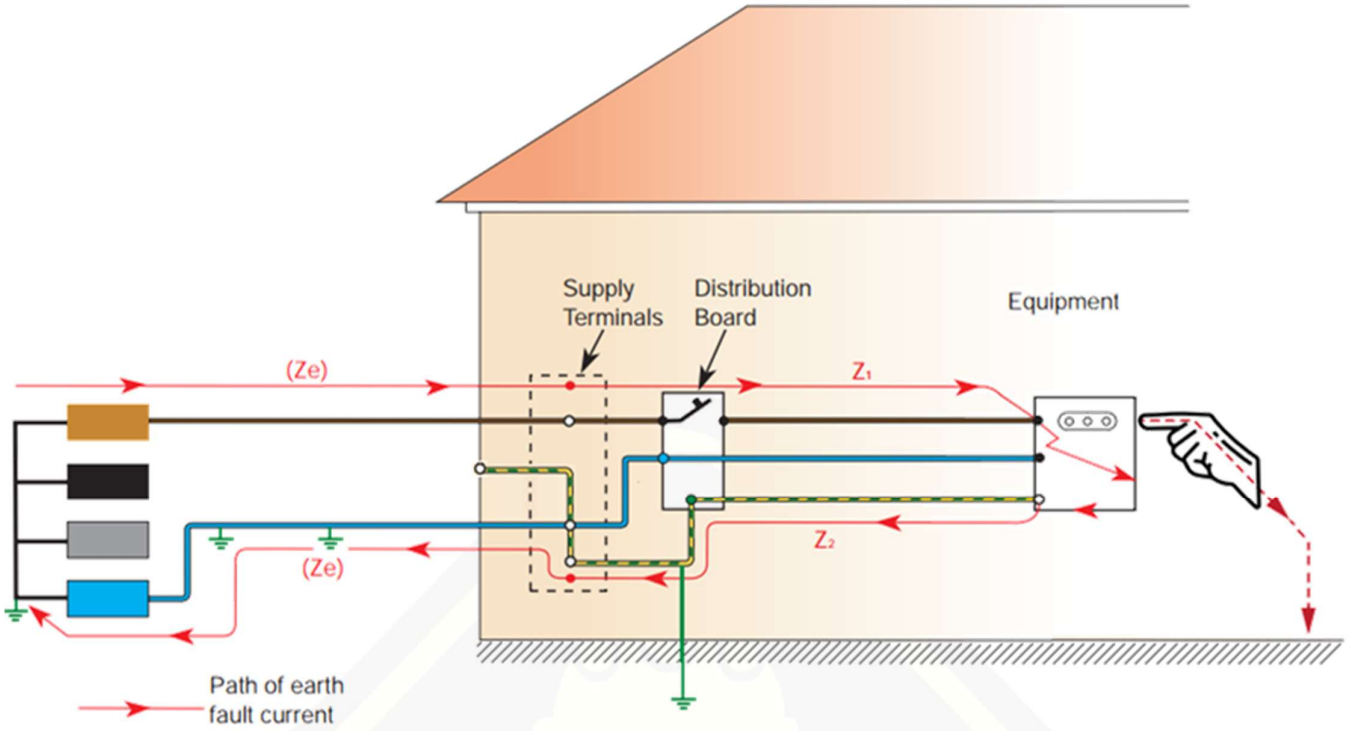
ب) قسمتهای هادی بیگانه از هر نوع

پ) قسمتهای فلزی قابل دسترس در ساختمانها مانند اسکلت فلزی و غیره

تبصره :در صورت نیاز به ایجاد همبندی اضافی در هر قسمت از ساختمان، ترمینال یا شینه هم بندی اضافی آن قسمت توسط هادی همبندی اضافی به ترمینال یا شینه حفاظتی(PE) تابلو برق تغذیه کننده مدارهای آن قسمت متصل میگردد.



در شکل زیر تصویر ساده ای از یک شبکه توزیع نیروی برق فشار ضعیف با آرایش TNC-S میبینید که دارای الکترود زمین بوده و با توجه به مطالب قبلی ضرورت اتصال همبندی اصلی در آن رعایت شده که در شکل یک اتصال فاز به بدنه نیز به وجود آمده و باتوجه به فاصله زیاد هادی حفاظتی تا شینه همبندی تابلو کنتور به بررسی مداری و ولتاژ های تماس دستگاه ها می پردازیم.



تشریح حادثه: فرض بر این است که اتصالی فاز به بدنه ماشین لباسشویی در طبقه ششم ساختمان در فصل گرم به وجود آمده و سطح مقطع هادی فاز 2.5 میلیمتر مربع و سطح مقطع هادی حفاظتی 1.5 میلیمتر مربع است. امپدانس حلقه اتصال کوتاه اندازه گیری شده در فصل سرد در ورودی ساختمان برابر با 0.5 اهم و آرایش شبکه توزیع TNC-S است. طول مسیر از تابلو کنتور تا محل اتصالی در طبقه ششم ساختمان 35 متر است.نوع حفاظت در محل تابلو کنتور کلید مینیاتوری C25 و در تابلو واحد C16 است.

1) عملکرد کلید های مینیاتوری و ولتاژ تماس در لحظه اتصالی را بررسی کنید:

2) بررسی با همبندی تکمیلی توسط هادی با سطح مقطع هادی همبندی تکمیلی 4 میلیمتر مربع و طول 5 متر

$$V_{th} = \left(R_2 \times I_{SC}^{(min)}\right) \qquad I_{SC}^{(min)} = \frac{0.9 \times 230}{Z_s^{hot}}$$

$$Z_s^{hot} = Z_e^{hot} + Z_i^{hot}$$

$$Z_e^{hot} = 1.2 \times Z_e^{cold} \rightarrow\rightarrow Z_e^{hot} = 1.2 \times 0.5 = 0.6\Omega$$

$$Z_i^{hot} = (R_1 + R_2) \times 1.2$$

$$R_1 = l \times \sqrt{\left(\frac{23.7}{A_{ph}}\right)^2 + (0.08)^2} \rightarrow\rightarrow R_1 = 0.035 \times \sqrt{\left(\frac{23.7}{2.5}\right)^2 + (0.08)^2} = 0.331\Omega$$

$$R_2 = l \times \sqrt{\left(\frac{23.7}{A_{pe}}\right)^2 + (0.08)^2} \rightarrow\rightarrow R_2 = 0.035 \times \sqrt{\left(\frac{23.7}{1.5}\right)^2 + (0.08)^2} = 0.553\Omega$$

$$Z_i^{hot} = (0.331 + 0.553) \times 1.2 = 1.06\Omega$$

$$Z_s^{hot} = Z_e^{hot} + Z_i^{hot} = 0.6 + 1.06 = 1.66\Omega$$

$$I_{SC}^{(min)} = \frac{0.9 \times 230}{Z_s^{hot}} = \frac{207}{1.66} = 124A$$

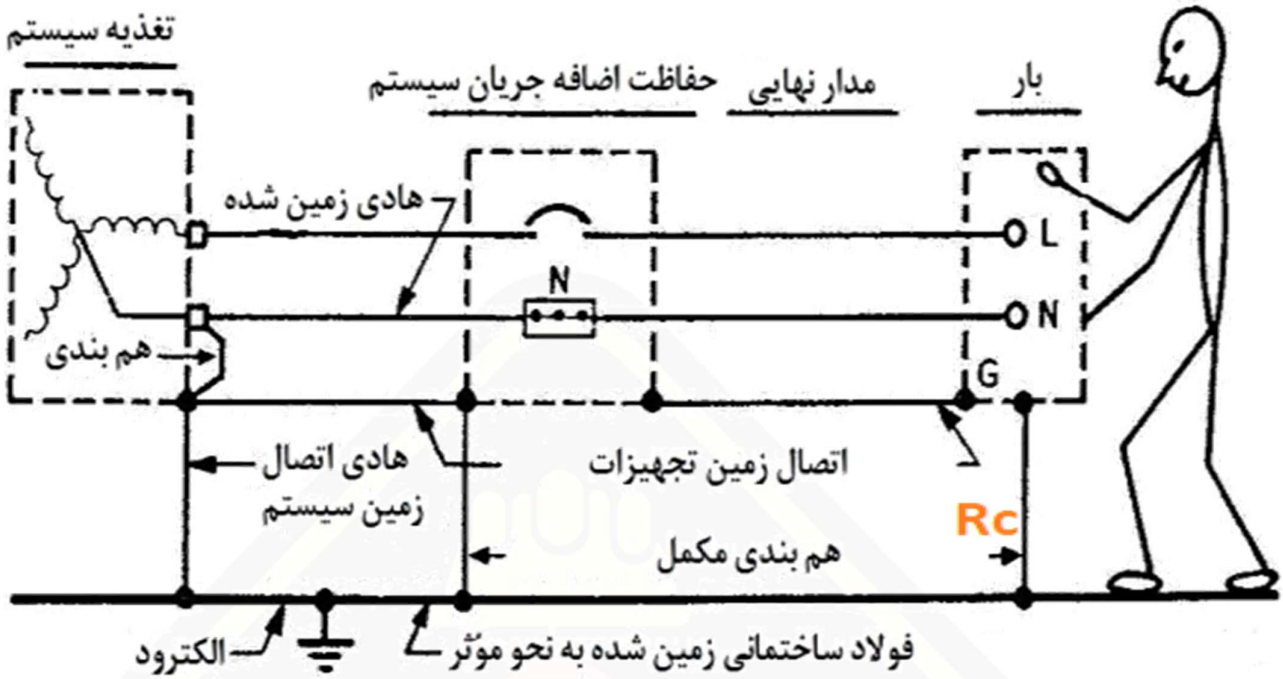
ولتاژ تماسی $V_{th} = \left(R_2 \times I_{SC}^{(min)}\right) = 0.553 \times 124 = 68.5V$

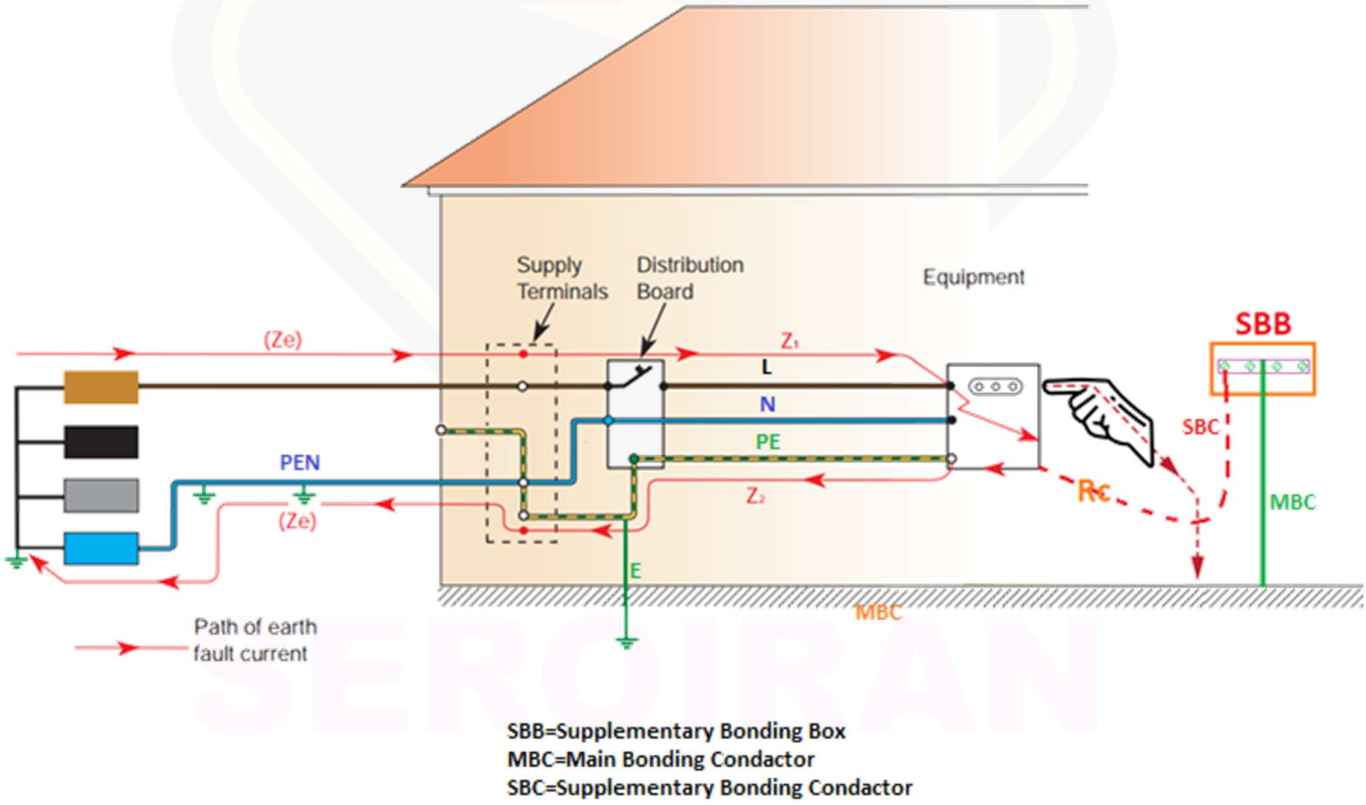
«مقدار ولتاژ تماسی در لحظه اتصال فاز به بدنه بیشتر از ولتاژ ایمن است و نیاز به اصلاح مدار دارد»

بررسی عملکرد کلید مینیاتوری تابلو کنتور :

با اتصال هادی «فاز به بدنه تجهیزات » کلید مینیاتوری تابلو کنتور چون c25 است و به 250آمپر جریان نیاز دارد که در زمان مجاز عمل کند عملکرد ایمنی ندارد!

بررسی عملکرد کلید مینیاتوری تابلو واحد :





SBB=Supplementary Bonding Box
MBC=Main Bonding Condactor
SBC=Supplementary Bonding Condactor

با اتصال هادی فاز به بدنه کلید مینیاتوری تابلو واحد چون *c16* است و به *160*آمپر جریان نیاز دارد که در زمان مجاز عمل کند عملکرد ایمنی ندارد!

مبحث 13 مقررات ملی ساختمان

پ 6-1 سطح مقطع هادیهای همبندی اضافی

پ 1-6-1سطح مقطع هادی همبندی اضافی نباید از مقادیر زیر کوچکتر باشد:

الف) 2.5 **میلیمتر مربع برای هادی مسی یا** 16**میلیمتر مربع برای هادی آلومینیومی، اگر هادی همبندی اضافی از حفاظت مکانیکی برخوردار باشد.**

ب) 4 **میلیمتر مربع برای هادی مسی یا** 16**میلیمترمربع برای هادی آلومینیومی، اگرهادی همبندی اضافی از حفاظت مکانیکی برخوردار نباشد.**

تبصره :در حمام و دوشها سطح مقطع هادی همبندی اضافی نباید از 4 **میلیمتر مربع برای هادی مس کمتر باشد.**

بررسی با همبندی تکمیلی:سطح مقطع هادی همبندی تکمیلی 4 میلیمتر مربع و طول آن 5 متر فرض شده

$$V_{th} = \left(R_C \times I_{SC}^{(min)}\right) \qquad I_{SC}^{(min)} = \frac{0.9 \times 230}{Z_s^{hot}}$$

$$Z_s^{hot} = Z_e^{hot} + Z_i^{hot}$$

$$Z_e^{hot} = 1.2 \times Z_e^{cold} \rightarrow\rightarrow Z_e^{hot} = 1.2 \times 0.5 = 0.6\Omega$$

$$Z_i^{hot} = (R_1 + R_C) \times 1.2$$

$$R_1 = l \times \sqrt{\left(\frac{23.7}{A_{ph}}\right)^2 + (0.08)^2} \rightarrow\rightarrow R_1 = 0.035 \times \sqrt{\left(\frac{23.7}{2.5}\right)^2 + (0.08)^2} = 0.331\Omega$$

$$R_C = l \times \sqrt{\left(\frac{23.7}{A_C}\right)^2 + (0.08)^2} \rightarrow\rightarrow R_C = 0.005 \times \sqrt{\left(\frac{23.7}{4}\right)^2 + (0.08)^2} = 0.029\Omega$$

$$Z_i^{hot} = (0.331 + 0.029) \times 1.2 = 0.432\Omega$$

$$Z_s^{hot} = Z_e^{hot} + Z_i^{hot} = 0.6 + 0.432 = 1.032\Omega$$

$$I_{SC}^{(min)} = \frac{0.9 \times 230}{Z_s^{hot}} = \frac{207}{1.032} = 200A$$

$$V_{th} = \left(R_C \times I_{SC}^{(min)}\right) = 0.029 \times 200 = 5.81V$$

با اتصال همبندی تکمیلی:

«مقدار ولتاژ تماسی در لحظه اتصال فاز به بدنه به 5.81 ولت کاهش پیدا کرد»

بررسی عملکرد کلید مینیاتوری تابلو کنتور :

با اتصال هادی فاز به بدنه کلید مینیاتوری تابلو کنتور چون *c25* است و به 250آمپر جریان نیاز دارد که در زمان مجاز عمل کند عملکرد ایمنی ندارد! و باید به *B25* اصلاح گردد که در زمان مجاز عملکرد داشته باشد.

بررسی عملکرد کلید مینیاتوری تابلو واحد :

با اتصال هادی فاز به بدنه کلید مینیاتوری تابلو واحد چون *c16* است و به *160*آمپر جریان نیاز دارد که در زمان مجاز عمل کند عملکرد ایمنی دارد!

محمد امین مرادی -مدیر گروه صنعتی seroiran **تابستان** 1402