

تعیین ابعاد و مشخصات سیم زمین

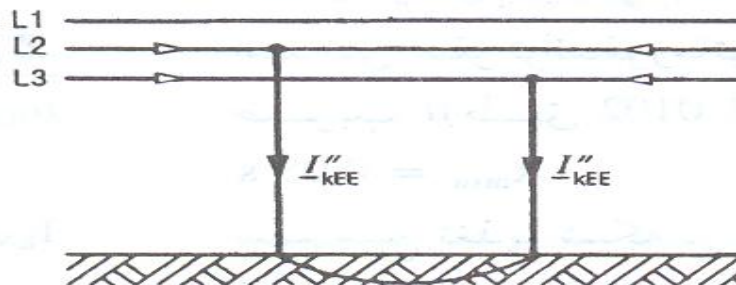
جریان اتصال زمین ، زمان قطع و حداقل مقطع سیم :

برای تعیین مشخصات سیم زمین (سیم رابط بین قطعاتی که باید زمین شوند با میل زمین) باید جریانی که در حالت عادی کار دستگاهها و هنگام خطا و اتصال زمین ، همچنین زمانی را که رله اتصال زمین جریان خطا را قطع می کند و از همه مهمتر حداقل مقطع سیم را که طبق روال عادی تعیین شده است را در نظر گرفت .

جریان اتصال زمین در تاسیسات بالای 1KV :

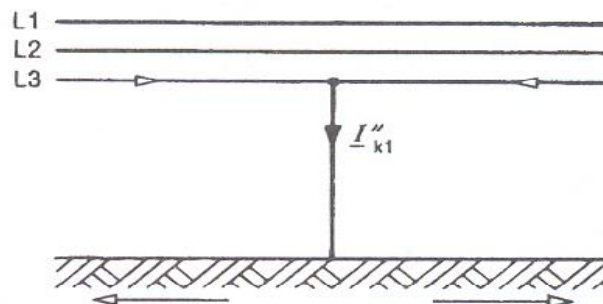
تعیین کننده مهم برای تدارک سیم زمین، ویژه زمین حفاظتی در تاسیسات بالای 1KV عبارت است از :

۱- **شدت جریان در اتصال دوبل زمین :** اتصال کوتاه دو قطبه (دو فاز) و تماس با زمین I''_{k2E} مطابق شکل زیر :



(e) اتصال کوتاه دوبل با زمین

۲- **شدت جریان در اتصال زمین یک قطبه :** شدت جریان اتصال زمین یک قطبه I''_{k1E} در شبکه های فشار قوی با نقطه ستاره زمین شده با مقاومت کم اهم (شبکه ای با اختلاف سطح نامی بزرگتر از 110KV) .



(d) اتصال کوتاه یک قطبه

این جریانه‌ها را می‌توان خیلی ساده به کمک توان اتصال کوتاه شبکه $S \leq K$ ، اختلاف سطح نامی شبکه U_n ، امپدانس اتصال کوتاه خط $Z(1)$ و امپدانس اتصال کوتاه صفر $Z(0)$ تعیین کرد.

$$I''_{K2E} = S''_K / 2U_n \quad \text{جریان اتصال کوتاه دو قطبه زمین}$$

$$I''_{K1E} = 1.1U_n / \sqrt{3} (2Z(1) + Z(0)) \quad \text{جریان اتصال کوتاه یک قطبه زمین}$$

معمولاً تاسیسات سر پوشیده (پستهای داخلی) از شبکه برقرسانی با اختلاف سطح کمتر از 110kv تغذیه می‌شوند. لذا نقطه صفر ستاره این شبکه‌ها معمولاً نسبت به زمین ایزوله است و یا به دلیل کوچک کردن جریان اتصال زمین، نقطه صفر ستاره با مقاومت سلفی بزرگ به زمین وصل می‌شود. در نتیجه فقط تعیین شدت جریان اتصال زمین دو قطبه کفایت می‌کند و در چنین حالتی معمولاً زمان قطع رله حفاظت اتصال زمین طوری تنظیم می‌شود که رله جریان خطای اتصال زمین را در زمان t_F حداکثر به مدت یک ثانیه قطع کند.

محاسبه جریان اتصال کوتاه دو قطبه زمین برای یکی از فیدرهای ۲۰ کیلوولت پست فوق توزیع.

$$S_k^n = \sqrt{3} * U * I = \sqrt{3} * 20KV * 13KA = 442MVA \quad \text{توان اتصال کوتاه شبکه}$$

$$U_n = 20 \text{ KV} \quad \text{اختلاف سطح نامی شبکه}$$

$$I''_{K2E} = S''_K / 2U_n = 442 \text{ MVA} / 2 * 20 \text{ KV} = 11.05 \text{ KA}$$

۳۳

برای تدارک سیم زمین الکتریکی و زمین حفاظتی در شبکه و پستهای الکتریکی تا 1000 ولت که نقطه صفر ستاره آن مستقیماً زمین شده است. در سیستم TN و TT تنها جریان اتصال کوتاه یک قطبه با زمین، تعیین کننده است.

این جریان را می‌توان در ترانسفورماتورهای با اتصال مثلث – ستاره (DY) بطور ساده از خارج قسمت اختلاف سطح نامی شبکه U_n بر امپدانس مسیر جریان اتصال کوتاه ZK (در شبکه فشار قوی) و امپدانس ترانسفورماتور ZT به دست آورد.

$$I''_{K1E} = C. U_n / \sqrt{3} (2 Z_K + Z_T)$$

و برای زمان قطع می‌توان خیلی ساده 0.5 ثانیه را مبنا قرار داد (0.5 ثانیه همان زمانی است که اولین دستگاه حفاظت جریان زیاد در شبکه و تاسیسات فشار ضعیف در اثر خطا قطع می‌کند).

با در نظر گرفتن سلکتیویته، ممکن است این زمان را در بعضی تاسیسات حتی کوتاه‌تر هم انتخاب کرد.

توجه: در این محاسبات فرض بر این است که کابل بدون حفاظت بین ترانسفورماتور و کلید ترانسفورماتور طوری کشیده شده باشد که امکان اتصالی یا اتصال بدنه نداشته و در مقابل اتصال کوتاه مقاوم باشد و خطای داخل ترانسفورماتور هم توسط دستگاه محافظ طرف فشار قوی سنجیده و از همان طرف هم قطع می‌شود.

محاسبه جریان اتصال کوتاه یک قطبه برای یک پست ۶۳۰ کیلوولت آمپر بر روی فیدرهای پست فوق توزیع

$U_n = 400$ اختلاف سطح نامی شبکه :

$S_k^n = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 20KV \cdot 13KA = 442MVA$ قدرت اتصال کوتاه شبکه در طرف فشارقوی

$u_{kr} = 6\%$ اختلاف سطح اتصال کوتاه ترانسفورماتور :

$S_T = 630 KVA$ توان ترانسفورماتور :

امپدانس شبکه :

$$Z_Q = \frac{1,1u_n^2}{S_K} = \frac{1,1(400)^2}{442MVA} = 0.398m\Omega$$

امپدانس ترانسفورماتور :

$$Z_T = \frac{u_{kr} \cdot U_n^2}{S_T} = \frac{6\% \cdot (400)^2}{630KVA \cdot 100\%} = 15,238m\Omega$$

جریان اتصال کوتاه یک قطبه :

$$I''_{K1E} = \frac{U_n}{\sqrt{3}(2Z_Q + Z_T)} = \frac{400V}{\sqrt{3}(2 \cdot 0,398m\Omega + 15,238m\Omega)} = 14,47KA$$

تعیین مقطع سیم زمین :

به منظور تعیین مقطع سیم زمین در DIN VDE 0141 جریان مخصوص اتصال کوتاه مجاز برای مواد مختلف داده شده است . در تعیین این مقادیر در هر یک از مواد در جه حرارت نهایی مجاز در زمان قطع کلید t_F مبنا قرار داده شده است .
سطح مقطع لازم A به قرار زیر محاسبه می شود :

$$A = \frac{I_K^n}{G}$$

G عبارت است از جریان اتصال کوتاه مخصوص مجاز (تراکم جریان اتصال کوتاه در واحد سطح)

برای زمین حفاظتی طرف فشارقوی :

$$I''_{K2E} = 11,05 KA$$

$$t_F = 1s$$

برای زمین الکتریکی (نقطه ستاره) و زمین حفاظتی طرف فشارضعیف :

$$I''_{K1E} = 14,47 KA$$

$$t_F = 0,5s$$

جنس سیم در نظر گرفته شده: فولاد روی اندود شده (آهن سفید)

جریان اتصال کوتاه مخصوص (تراکم جریان اتصال کوتاه): از شکل 1 (نمودار از DIN VDE 0141) برای تراکم جریان اتصال کوتاه مجاز در سیم فولادی روی اندود شده:

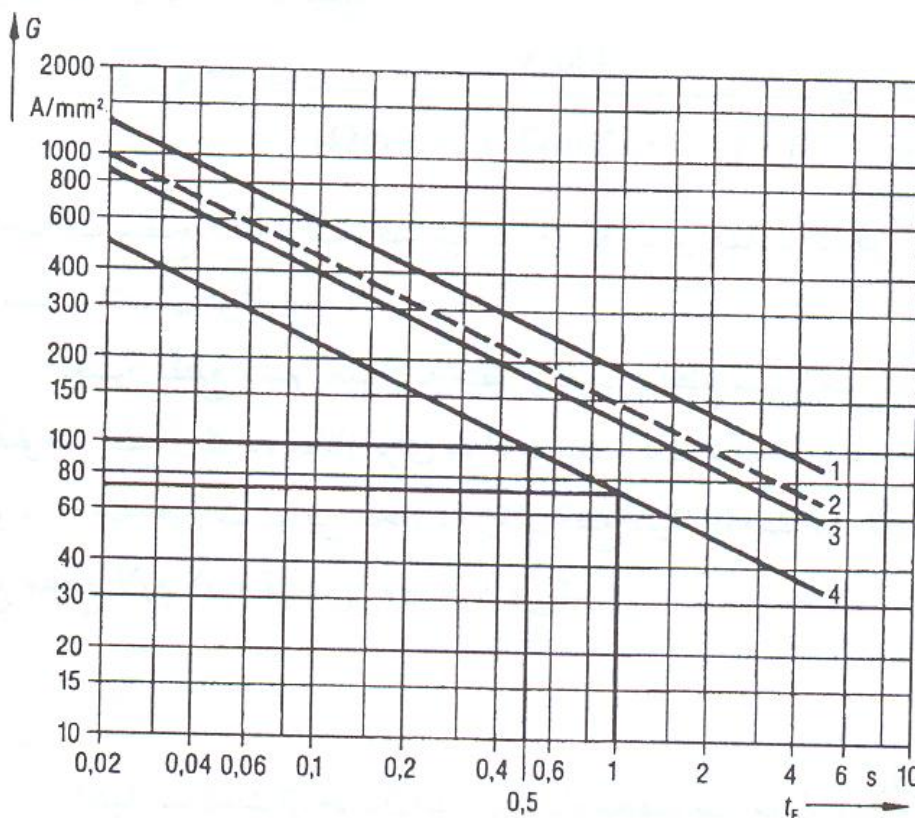
در $t_F = 1s$ $70A/mm^2$

در $t_F = 0,5s$ $100A/mm^2$

تعیین شده در نتیجه می توان سطح مقطع سیم زمین را به قرار زیر حساب کرد:

*** سطح مقطع برای سیم حفاظتی طرف فشارقوی از جنس فولاد روی اندود:

$$A = \frac{11,05 \cdot 10^3}{70} = 158 mm^2$$



۱- مس: ساده یا روی اندود شده

۲- مس: قلع اندود یا با غلاف سربی

۳- آلومینیوم

۴- فولاد، روی اندود شده

شکل بالا تراکم جریان اتصال کوتاه G برای شین اصلی زمین - سیم زمین وزمین کننده (میل زمین) بر اساس مدت عبور جریان اتصال کوتاه t_F تا قطع کامل. خطوط 1, 3, 4, متعلق به درجه حرارت نهایی $300C^\circ$ و خط نقطه چین شده 2 متعلق به درجه حرارت نهایی $150 C^\circ$ است.

*** برای سیم نول و سیم حفاظتی طرف فشارضعیف از جنس مس :

$$A = \frac{14,47.10^3}{250} = 57.88mm^2$$

*** برای سیم نول و سیم حفاظتی طرف فشارضعیف از جنس آلومینیم :

$$A = \frac{14,47.10^3}{175} = 82.68mm^2$$

*** برای سیم نول و سیم حفاظتی طرف فشارضعیف از جنس فولاد روی اندود :

$$A = \frac{14,47.10^3}{100} = 144.7mm^2$$

تعیین و انتخاب میل زمین

نوع فلزی میل زمین : فلزات زیر برای استفاده میل زمین عملاً مورد تایید قرار گرفته و طبق DIN VDE برای این منظور انتخاب می شوند :

- 1- فولاد روی اندود : با اشکال هندسی تسمه ، میله ، پروفیل در میل سطحی و لوله برای میل سطحی و عمقی .
- 2- فولاد با روکش سربی : بیشتر به شکل سیم های طنابی در میل زمین سطحی .
- 3- فولاد با پوشش مسی : اغلب به شکل سیم های طنابی در میل عمقی .
- 4- مس : برای هر دو نوع میل زمین .
- 5- مس روی اندود شده : بیشتر به شکل طنابی در میل سطحی .
- 6- مس با پوشش سربی : بیشتر به صورت طناب با مقطع گرد در میل سطحی .

در انتخاب جنس میل زمین بهتر است حتی الامکان احتمال خطر خوردگی نیز بررسی شود .

حداقل ابعاد میل زمین :

به علت استحکام مکانیکی و خوردگی حداقل ابعاد زمین کننده ها (میل ها) که در جدول (1) داده شده است دارای طول عمر متعارفی هستند .

این حداقل ابعاد در مقررات DIN VDE 0100 ، DIN VDE 0141 ، DIN VDE 0151 ، DIN VDE 0185 ، DIN VDE 0800 هر یک به صورت جدول داده شده است که در تمامی آنها همان مقادیر حداقل را که در جداول 1 آمده است بنیان نهاده اند .

خوردگی الکترولیتی در میل :

خطر خوردگی در اثر الکترولیت در میل در نتیجه خطر اینکه میل موثر واقع نشود بستگی به میزان خود خوردگی قطعات میل زمین دارد (به طور مثال : در میل تکی ، بدون ارتباطات و اتصالات فلزی به میل دیگر) و ایجاد عنصر خوردگی (مانند ارتباط میل های با جنس های مختلف به یکدیگر یا به عبارت دیگر اتصال دو میل که از نظر شیمیایی هم پتانسیل نیستند) .

جدول 1: فلزات مختلف برای میل زمین و حداقل ابعاد آنها به دلیل خوردگی و استقامت مکانیکی

جنس		فرم - شکل	حداقل اندازه				
			هسته			پوشش - غلاف	
			قطر mm	مقطع mm ²	ضخامت mm	ضخامت μm	میانگین μm
فولاد	روی اندود	تسمه		100	3	63	70
		پروفیل		100	3	63	70
		لوله	25		2	47	55
		میلگرد برای میل عمقی	20			63	70
		سیم گرد برای میل سطحی	10				50
	با غلاف سربی	سیم گرد برای میل سطحی	8			1000	
	با پوشش مسی	میلگرد برای میل عمقی	15			2000	
	پوشش مسی با الکترولیت	میلگرد برای میل عمقی	17.3			254	300
مس	مس خالص بدون روکش	تسمه		50	2		
		سیم گرد برای میل سطحی		35			
		طناب	1.8 قطر هر رشته	35			
		لوله	20		2		
	قلع اندود	طناب	1.8 قطر هر رشته	35		1	5
	روی اندود	تسمه		50	2	20	40
	با غلاف سربی	طناب	1.8 قطر هر رشته	35		1000	
		سیم گرد		35		1000	

خود، خوردگی :

برای جلوگیری از فرسودگی یا خود خوردگی باید به کیفیت هر یک از انواع فلز میل ها و بازتاب آنها در مقابل انواع زمین های مختلف توجه داشت . در DIN VDE 0151 در این باره مطالبی آمده که ذیلا به طور خلاصه نقل می گردد :

فولاد با روکش روی :

تقریبا در تمام ترکیبات زمین های مختلف پایدار و ثابت است . علت آن ارتباط محکمی است که روی و فولاد با هم دارند . سطح خارجی فولاد به طور یکنواخت با روی خالص روکش شده و در حقیقت این عنصر روی است که با لایه اکسید روی در سطوح خارجی به میل در مقابل خوردگی ثابت و مقاومت می دهد . البته برای اینکه میل دوام خوب و نسبتا زیاد داشته باشد باید روکش روی دارای ضخامت مناسب (ضخیم) بدون ترک ، منفذ ، سوراخ های ریز و حباب بوده و کاملا یکنواخت باشد . بدین جهت از تسمه های فولادی ST 33 طبق VDE 17100 غلطک خورده یا بریده شده با لبه های گرد شده استفاده می شود .

فولاد روی اندود شده حتی برای قرار دادن و خواباندن در بتن نیز مناسب است همچنین طبق DIN 1045 می تواند برای میل فونداسیون ، سیم زمینی که در بتن خوابانده می شود سیم های همسطح کننده پتانسیل (سیم های فرمان) و انشعاب هایی که برای تاسیسات صاعقه از فولاد بتن مسلح گرفته می شود استفاده گردد به شرط آنکه در محل های اتصالات حرارت زیاد دائمی بیش از به وجود نیاید .

سیم طنابی فولادی با پوشش سربی : 40°C

سرب در زمین ایجاد لایه ای نازک از اکسید سرب می کند و این پوشش در بسیاری از زمین ها مقاوم است . در زمین هایی که به شدت قلیایی هستند (PH کوچکتر از ۱۰) خطر خوردگی وجود دارد و بدین جهت نباید سرب مستقیما در بتن خوابانده شود . در سطح زمین به دلیل احتمال خراش برداشتن خطر خوردگی برای هسته فولادی پیش می آید . در ضمن خطر خوردگی در زمین های شنی و ماسه ای که هوا خوب و راحت در آن نفوذ می کند بسیار ناچیز است در زمین های رس و گلی که اکسیژن جذب نمی کند (هوا نفوذ نمی کند) خطر خوردگی زیاد است در این شرایط بهتر است از این نوع میل بخصوص برای میل زمین جریان زیاد فقط موقعی استفاده شود که امکان خراش برداشتن و زخمی شدن میل فولادی با روکش سربی وجود نداشته باشد .

فولاد با روکش مسی و فولاد مس اندود شده با روش الکترولیتی :

خراش برداشتن روکش مسی بشدت و سرعت ایجاد خوردگی در هسته فولادین می کند . از این جهت باید همیشه پوشش مس یکنواخت و بدون حباب و حفره باشد . در محل اتباط و اتصال قطعات میل در زمین عمقی که از چند تکه درست شده است باید پوشش یا روکش مس بدون حفره و درز و حداقل دارای قابلیت هدایت برابر باشند .

مس خالص بدون روکش :

مس معمولا در زمین خیلی با ثبات و بادوام است . مس قلع یا روی اندود شده مانند مس خالص عمل می کند . به طور مثال برای میل زمین از مس روی اندود فقط به صورت طنابی و از مس با روکش قلع فقط به صورت تسمه استفاده می شود .

شکل گرفتن عنصر خوردگی :

اگر برای اتصال میل ها از موادی غیر از جنس خودمیل استفاده شود یا میل های از جنس مختلف به هم متصل شوند و یا میل ها با قطعات فلزی مختلفی که در زیر زمین محوطه تاسیسات قرار دارند (مثل مخزن و منبع فلزی ، سیمها و لوله ها و فونداسیون هادی و غیره) تماس برقرار کنند باعث ایجاد خوردگی در محل های تماس و برخورد این قطعات می شود . در این حالت ها یکی از این فلزات به صورت کاتد S_k و دیگری به صورت آند S_a عمل می کند و محل ارتباط را برای خوردگی آماده می سازد .

جدول 2 (که از DIN VDE 0151 برداشت شده) نشان می دهد که کدام فلز با فلز دیگر قابل متصل شدن بدون خطر خوردگی هستند و کدام فاقد آن .

ارتباط دو فلز مختلف :

جدول 2 نشان می دهد علاوه بر اینکه ارتباط دو فلز مختلف مثل مس و فولاد ایجاد خوردگی می کند حتی ارتباط میل زمین از فولاد یا فولادی که در بتن قرار گرفته (بتن مسلح) می تواند مشکل آفرین باشد. این مشکل اغلب بخصوص برای میل زمین که با فولاد فونداسیون در ساختمان های مختلف به هم وصل می شوند به وجود می آید (به طور مثال برای همسطح کردن پتانسیل در ساختمان ها).

روش حفاظت درمقابل خوردگی :

در بخش ۴ مقررات DIN VDE 0151 به روش هایی اشاره شده که بخصوص در اتصال میل زمین و سیم باید بدان توجه و دقت خاص شود. این روش ها به طور ساده عبارتند از :

- 1- در محل فصل مشترک سطح زمین و هوا باید فولاد روی اندود شده را از سطح زمین به بالا و پایین به علت عدم مصنویت و مستعد بودن به خوردگی حداقل ۰,۳ متر در مقابل خوردگی حفاظت شود. برای حفاظت و جلوگیری از خوردگی پوشش یک لایه نازک از رنگ و لاک و غیره کافی نیست. بلکه باید از غلاف نسبتا ضخیم مثل پوشاندن با نوار ضد خوردگی یا قرار دادن سیم در داخل یک شلنگ که خوب به سیم زمین بچسبد و رطوبت را به خود نگیرد (طبق DIN VDE 672) استفاده کرد.
- 2- اتصالاتی ها می توانند توسط پیچ و مهره یا جوش مخصوص، لحیم کردن، شیار دادن و پرس کردن به وجود آیند. در بتن میتوان حتی اتصال گوه ای به کار برد.
- 3- ارتباط و اتصال تسمه به تسمه یا تسمه به تاسیسات فولادی توسط پیچ و مهره باید حتما با دو مهره و پیچ M8 و یا یک پیچ و مهره M10 انجام گیرد. غلاف سربی سیم مسی و سیم فولادی باید قبل از ارتباط برقرار کردن و متصل کردن در آن قسمت از سیم جدا شود.
- 4- محل اتصالات در سطح زیر زمین باید طوری انجام شود که از نظر خوردگی با جنس میل زمین برابر باشد. اگر محل اتصال در اثر اعمالی که روی آن انجام می شود و یا به دلایل دیگر در موقع نصب پایداری خود را در مقابل خوردگی از دست داده است باید پس از نصب و آماده شدن با پوشش ضد خوردگی محفوظ گردد.
- 5- محل اتصالات در بتن مابین میله های فولادی و فولاد روی اندود شده احتیاج به حفاظت در مقابل خوردگی ندارد در صورتیکه در ارتباط میله های فولادی در داخل بتن با سیم مسی ساده در محل اتصال باید با غلاف ضد خوردگی محافظت شود. حتی اگر سیم دارای غلاف سربی باشد در اتصال میله های فولادی در داخل بتن با سیم فولادی و غلاف سربی همان غلاف سربی کفایت می کند.
- 6- در موقع پر کردن چاله ها و گودال ها با خاک که در داخل آن میل زمین قرار گرفته باید توجه داشت خاک، خالص، تمیز و بدون نخاله های ساختمانی، خرده ذغال، سربار کوره ها (شلاکه) و در نهایت بدون هیچ نوع ناخالصی باشد.

جنس فلز با سطح کوچک	جنس فلز با سطح بزرگ						
	فولاد روی اندود	فولاد	فولاد در بتن	فولاد روی اندود در بتن	مس	مس قلع اندود	مس روی اندود
فولاد روی اندود	+	تراشیدن روی +	-	تراشیدن روی +	-	-	+
فولاد	+	+	-	+	-	-	+
فولاد در بتن	+	+	+	+	+	+	+
فولاد در غلاف سربی	+	+	تراشیدن سرب -	+	-	+	+
فولاد با روکش مسی	+	+	+	+	+	+	+
مس	+	+	+	+	+	+	+
مس قلع اندود	+	+	+	+	+	+	+
مس روی اندود	+	تراشیدن روی +	تراشیدن روی +	تراشیدن روی +	تراشیدن روی +	تراشیدن روی +	+
مس با غلاف سربی	+	+	تراشیدن سرب +	+	تراشیدن سرب +	+	+

مس با غلاف سربی	
تراشیدن روی +	
+	
+	
+	
+	
+	
تراشیدن روی +	
+	

+ قابل به هم پیوستن - غیر قابل به هم پیوستن

با توجه به محاسبات فوق و ملاحظات خوردگی و مسائل مکانیکی سیم نول و حفاظتی طرف فشار ضعیف از جنس مس و مقطع ۹۵ و بالاتر میلیمتر مربع در نظر گرفته می شود. همچنین با توجه به قرارگیری تابلوهای کنتوری و تابلوهای اصلی در هر بلوک و بالابردن ضریب اطمینان سه عدد چاه اتصال زمین که هر یک مقاومت ۲ اهم را داشته و در برابر خوردگی زمین حفاظت شده است برای هر یک از بلوکها در نظر گرفته می شود.

فاصله بین چاههای اتصال زمین حدود ۲۰ متر در نظر گرفته می شود. طبق DIN VDE 0100 بخش ۴۱۰ استفاده از هم سطح کننده ها در هر یک از ساختمانها، موجب اصلاح و تکمیل زمین الکتریکی مرکزی و کیفیت سیم حفاظتی می شود، به شرط آنکه تمام اجسام هادی و فلزی که به نحوی با زمین در ارتباط هستند و تمامی قطعات فلزی که در زمین موجود است همه به هم متصل شوند و به زمین الکتریکی (زمین نقطه صفر ستاره) از طریق زمین راه داشته باشند این مقاومت ها عملاً با مقاومت میل زمین مرکزی یک مدار موازی تشکیل می دهند که سبب کوچک شدن مقاومت کل زمین می شود. به این ترتیب کیفیت سیم حفاظتی در هر ساختمان به طور مطمئن بهتر می شود و در موقع اتصال بدنه، جریانی که از طریق همسطح کننده ها مدارش بسته می شود به مراتب کوچک تر از جریانی است که از طریق سیم حفاظتی مدارش بسته می شود و در نتیجه پتانسیل تماس کوچک می گردد. برای مقاومت همسطح کننده ها شرایط و قوانین خاصی تدوین نشده و در هر ساختمان کافی است که از تیر آهن ها و میله های آهنی کف ساختمان و یا اسکلت فلزی موجود و فونداسیون ساختمان به عنوان زمین حفاظتی استفاده شود.