

Kegiatan Belajar 5

Sistem Pembumian TN dan IT, Desain



KEMENTERIAN
PENDIDIKAN DAN
KEBUDAYAAN



BBPPMPV BMTI

1. Beberapa hal yang perlu diingat

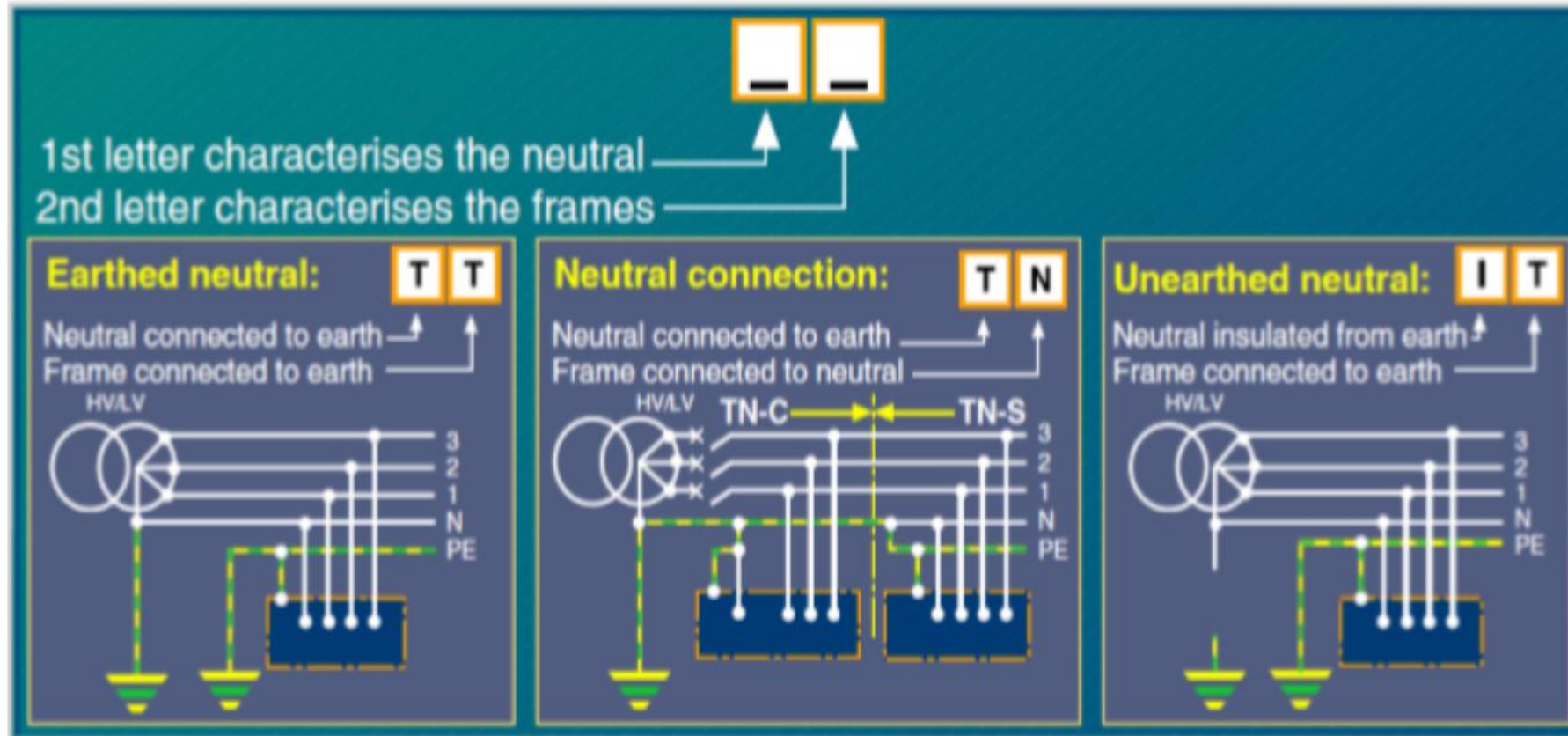
1.1. Terminologi

Berbagai jenis sistem pembumian telah ditentukan dan ditetapkan oleh Komite Elektroteknik Internasional dalam standar IEC 364. Sistem pembumian tegangan rendah adalah pembumian sisi sekunder dari transformator HV / LV dan cara membumikan kerangka instalasi listrik (the installation frames). Identifikasi jenis sistem pembumian didefinisikan dengan cara susunan dua huruf:

- Huruf yang pertama menyatakan hubungan titik netral transformator.
- Huruf yang ke dua menyatakan tipe hubungan kerangka instalasi listrik



Kombinasi dari dua huruf ini memberikan tiga kemungkinan konfigurasi seperti ditunjukkan dalam gambar berikut ini:



Catatan 1: Sistem TN, sesuai IEC 364 dan standar NF C 15-100, terdiri dari beberapa sub-sistem:

- TN-C: jika konduktor netral N dan PE digabungkan (PEN);
- TN-S: jika konduktor netral N dan PE terpisah;
- TN-C-S: penggunaan jenis pembumian TN-S harus ditempatkan dibagian hilir dari jenis TN-C, (sebaliknya dilarang). Hal yang perlu diperhatikan adalah bila jaringan instalasi menggunakan penghantar tembaga dengan penampang 10 mm² maka pembumiannya wajib menggunakan sistem TN-S

Catatan 2: Masing-masing sistem pembumian yang disebutkan di atas dapat digunakan secara tersendiri pada seluruh bagian instalasi listrik tegangan rendah, tetapi beberapa sistem pembumian tersebut dapat juga ada berdampingan dalam instalasi listrik tegangan rendah yang sama.



1.2. Contoh perhitungan arus bocor ke bumi

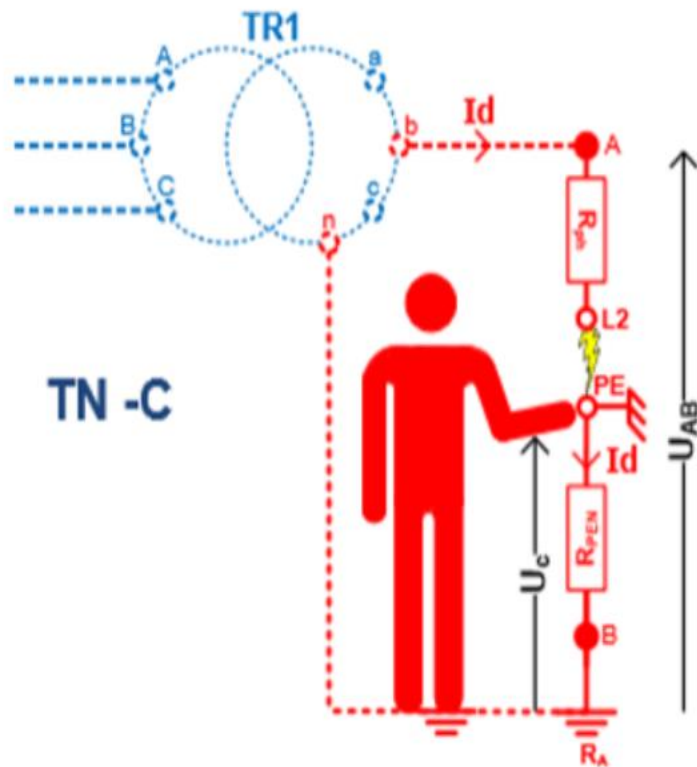
1.2.1. Arus bocor pada instalasi listrik dengan sistim pembumian TN

Arus gangguan karena adanya kegagalan isolasi hanya dibatasi oleh impedansi dari jalur kabel loop sampai ke titik gangguan. Pada jaringan listrik 230/400 V, nilai tegangan dari $U_0 / 2$ (jika RPE = Rph) sudah merupakan tegangan yang membahayakan karena lebih besar dari batas tegangan aman sentuh di lingkungan kering yaitu ($U_L = 50$ V), karena itu perlu sistim otomatisasi pensuplaian tegangan listrik pada keseluruhan jaringan instalasi untuk mengamankan manusia atau peralatan dari gangguan arus bocor yang disebabkan adanya kegagalan isolasi. Kegagalan isolasi itu mirip dengan kejadian hubung pendek fase-ke-netral, dan bila ini terjadi maka secara otomatis perangkat pembatas arus lebih akan bekerja untuk memutuskan bagian instalasi yang terganggu dari sumber tegangan.



Perhitungan arus hubung singkat bisa rumit. Sebenarnya itu adalah kombinasi dari vektor arus, Inverse dan homopolar. Ada tiga metode sederhana yang digunakan untuk menghitung nilai hubung singkat.

Metoda perhitungan ini menggunakan rumus/persamaan sebagai berikut;



- L_{max} : Panjang maksimum feeder
- V : Tegangan fase tunggal
- U_c : Tegangan kontak
- S_{ph} : Penampang kawat fasa
- S_{pe} : penampang kawat pembumian
- $m = S_{ph} / S_{pe}$
- ρ = Tahanan jenis dari bahan konduktor pada suhu operasi normal adalah: 22,5 $m\Omega \cdot mm^2 / m$ untuk tembaga dan 36 $m\Omega \cdot mm^2 / m$ untuk aluminium
- I_{mag} : Rating arus dari circuit breaker



Metode sederhana 2: Metode Impedansi Dalam instalasi listrik 3-fase, nilai arus hubung singkat I_{sc} pada titik gangguan dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$I_{sc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3}Z_T}$$

U_{20} = tegangan fasa-ke-fasa dari kumparan sekunder transformator daya rangkaian terbuka(s).

Z_T = total impedansi per fase instalasi yang terletak di sisi hulu dari lokasi/titik yang mengalami gangguan hubung singkat (dalam Ω)

Metode ini menganjurkan agar jaringan instalasi listrik dibagi menjadi bagian-bagian yang mudah untuk menghitung nilai resistansi R dan reaktansi X untuk masing-masingnya. Dalam perhitungan resistansi R dan reaktansi X dari masing-masing bagian jaringan instalasi dibayangkan terhubung secara seri, semua elemen resistif ditambahkan secara aritmatika; demikian juga untuk reaktansi, untuk mendapatkan Resistansi total R_T , reaktansi total X_T dan Impedansi total (Z_T) dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$Z_T = \sqrt{(R_T)^2 + (X_T)^2}$$



1.2.2. Penentuan impedansi masing-masing komponen

1.2.2.1. Jaringan yang terletak disebelah hulu dari transformator MV / LV:

Tingkat gangguan hubung singkat tiga fasa PSC, dalam kA atau dalam MVA ditetapkan oleh pusat pensuplay daya listrik, dimana impedansi pengganti dapat ditetapkan

Psc	Uo (V)	Ra (mΩ)	Xa (mΩ)
250 MVA	420	0.07	0.7
500 MVA	420	0.035	0.351

Impedansi jaringan tegangan menengah mengacu pada sisi tegangan rendah dari transformator MV / LV

$$Z_s = \frac{U_o^2}{P_{sc}}$$

Zs = impedansi jaringan tegangan menengah, dinyatakan dalam milli-ohm

Uo = tegangan rendah fase-ke-fase tanpa beban, dinyatakan dalam volt

Psc = Tingkat gangguan hubung singkat tiga fasa jaringan tegangan menengah, dinyatakan dalam kVA



1.2.2.2. Transformer

Nilai impedansi Z_{tr} dari transformator dilihat dari terminal tegangan rendah, diberikan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$Z_{tr} = \frac{U_{20}^2}{P_n} \times \frac{U_{sc}}{100}$$

- U_{20} = tegangan fase-ke-fase sisi sekunder transformator rangkaian terbuka dinyatakan dalam volt
- P_n = kapasitas transformator daya (dalam kVA)
- U_{sc} = tegangan pada impedansi hubung pendek dari transformator yang dinyatakan dalam %



1.2.2.2. Transformer

Pada rangkaian jaringan instalasi listrik tegangan rendah, impedansi pemutus rangkaian yang terletak di sisi lokasi yang mengalami gangguan harus ikut diperhitungkan. Nilai reaktansi secara konvensional diasumsikan $0,15 \text{ m}\Omega$ per Circuit Breaker, sedangkan nilai resistansinya diabaikan.

1.2.2.4. Busbar

Nilai resistansi busbar umumnya dapat diabaikan, sehingga nilai impedansi hampir semuanya reaktif sekitar $0,15 \text{ m}\Omega / \text{meter}$ untuk sistem 50 Hz, dan $0,18 \text{ m}\Omega / \text{m}$ untuk frekuensi sistem 60 Hz. Pada busbar yang disupply dengan tegangan rendah bila jarak pemasangan antaranya dinaikan menjadi dua kali maka reaktansinya meningkat sekitar 10%.



1.2.2.5. Rangkaian Konduktor

Nilai reaktansi kabel dapat diperoleh dari pabrik pembuatnya. Kabel dengan ukuran penampang kurang dari 50 mm², reaktansinya dapat diabaikan. Jika tidak ada informasi lain yang menerangkan tentang reaktansi kabel, maka nilai reaktansi kabel dianggap 0,08 mΩ / meter untuk frekuensi sistem suplay 50 Hz dan 0,096 mΩ / meter untuk frekuensi sistem suplay 60 Hz. Reaktansi untuk sistem kabel ducting, bus-trunking dan sejenisnya, harus dikonsultasikan dengan pabrik pembuatnya.

1.2.2.6. Motor

Pada saat hubungan pendek, motor yang sedang running akan beroperasi sebagai generator (untuk periode yang singkat), sehingga akan mensuplay arus sebagai arus gangguan ke titik yang mengalami gangguan dalam jaringan instalasi listrik. Secara umum kontribusi/pengaruh kontribusi arus gangguan yang berasal dari motor ini dapat diabaikan. Tetapi jika total daya motor yang running secara bersamaan lebih tinggi 25% dari total daya transformator, maka pengaruh arus gangguan yang disuplay motor harus diperhitungkan. Total pengaruh dari kelompok motor-motor ini dapat diperkirakan dari rumus: $I_{scm} = 3.5 \cdot I_n$ dari masing-masing motor yaitu 3,5 m In. Nilai (m) adalah jumlah motor-motor yang sejenis dengan kapasitas yang sama dan beroperasi secara bersamaan, motormotor yang dimaksud disini adalah motor 3-fase saja; sedangkan untuk motor satu fase menjadi tidak signifikan



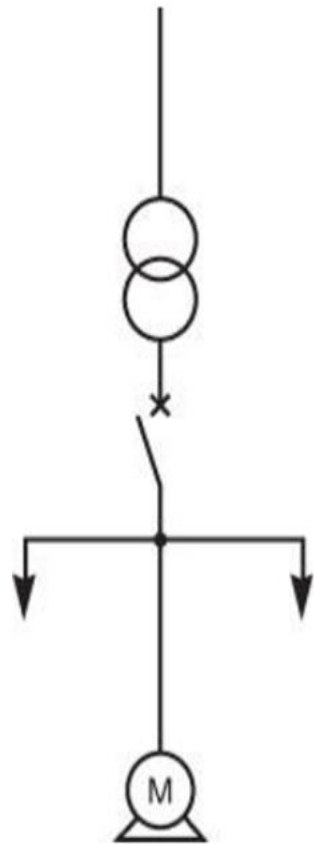
1.2.2.7. Umumnya kesalahan

Hubung pendek berbentuk busur api yang memiliki sifat tahanan listrik. Resistensi ini tidak stabil dan nilai rata-ratanya rendah, tetapi pada tegangan rendah hambatan ini cukup untuk mengurangi arus gangguan sampai batas tertentu. Pengalaman menunjukkan bahwa pengurangan arus gangguan dimaksud mencapai sekitar 20%. Fenomena ini efektif meringankan tugas CB.



1.2.3. Recap

Bagian-bagian dari sistem suplay daya listrik



Sumber listrik

R (mΩ)

$$\frac{R_a}{X_a} = 0.1$$

X (mΩ)

$$X_a = 0.995 Z_a$$

$$Z_a = \frac{U_{20}^2}{P_{sc}}$$

Motor-motor

Arus hubung singkat tiga fasa dalam satuan KA

$$I_{sc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3}\sqrt{R_T^2 + X_T^2}}$$

Transformator daya

$$R_{tr} = \frac{P_{cu} \times 10^3}{3I_n^2}$$

$$\sqrt{Z_{tr}^2 - R_{tr}^2} \text{ with}$$

R_{tr} biasanya diabaikan dibanding terhadap X_{tr} untuk transformers > 100 kVA

$$Z_{tr} = \frac{U_{20}^2}{P_n} \times \frac{U_{sc}}{100}$$

Circuit-breaker/
Pemutus rangkaian

diabaikan

$$X_D = 0.15 \text{ m}\Omega/\text{pole}$$

Diabaikan untuk S > 200 mm²

Busbars

Pada rumus: $R = \rho \frac{L}{S} \text{ (1)}$

$$X_B = 0.15 \text{ m}\Omega/\text{m}$$

Rangkaian conductors⁽²⁾

$$R = \rho \frac{L}{S} \text{ (1)}$$

$$\text{Cables: } X_c = 0.08 \text{ m}\Omega/\text{m}$$



1.2.4. Metode yang disederhanakan 2: Tabel

Dalam metode ini, nilai arus hubung singkat diketahui pada salah satu ujung feeder (kabel). Tabel akan memberikan nilai arus hubung singkat pada ujung feeder lainnya.

Copper 230 V / 400 V																															
c.s.a.of phase conductors (mm ²)	Length of circuit (in metres)																														
1.5														1.3	1.8	2.6	3.6	5.2	7.3	10.3	14.6	21									
2.5													1.1	1.5	2.1	3.0	4.3	6.1	8.6	12.1	17.2	24	34								
4												1.2	1.7	2.4	3.4	4.9	6.9	9.7	13.7	19.4	27	39	55								
6												1.8	2.6	3.6	5.2	7.3	10.3	14.6	21	29	41	58	82								
10											2.2	3.0	4.3	6.1	8.6	12.2	17.2	24	34	49	69	97	137								
16											1.7	2.4	3.4	4.9	6.9	9.7	13.8	19.4	27	39	55	78	110	155	220						
25											1.3	1.9	2.7	3.8	5.4	7.6	10.8	15.2	21	30	43	61	86	121	172	243	343				
35											1.9	2.7	3.8	5.3	7.5	10.6	15.1	21	30	43	60	85	120	170	240	340	480				
47.5											1.8	2.6	3.6	5.1	7.2	10.2	14.4	20	29	41	58	82	115	163	231	326	461				
70											2.7	3.8	5.3	7.5	10.7	15.1	21	30	43	60	85	120	170	240	340						
95											2.6	3.6	5.1	7.2	10.2	14.5	20	29	41	58	82	115	163	231	326	461					
120											1.6	2.3	3.2	4.6	6.5	9.1	12.9	18.3	26	37	52	73	103	146	206	291	412				
150											1.2	1.8	2.5	3.5	5.0	7.0	9.9	14.0	19.8	28	40	56	79	112	159	224	317	448			
185											1.5	2.1	2.9	4.2	5.9	8.3	11.7	16.6	23	33	47	66	94	133	187	265	374	529			
240											1.8	2.6	3.7	5.2	7.3	10.3	14.6	21	29	41	58	83	117	165	233	330	466	659			
300											2.2	3.1	4.4	6.2	8.8	12.4	17.6	25	35	50	70	99	140	198	280	396	561				
2x120											2.3	3.2	4.6	6.5	9.1	12.9	18.3	26	37	52	73	103	146	206	292	412	583				
2x150											2.5	3.5	5.0	7.0	9.9	14.0	20	28	40	56	79	112	159	224	317	448	634				
2x185											2.9	4.2	5.9	8.3	11.7	16.6	23	33	47	66	94	133	187	265	375	530	749				
3x120											3.4	4.9	6.9	9.7	13.7	19.4	27	39	55	77	110	155	219	309	438	619					
3x150											3.7	5.3	7.5	10.5	14.9	21	30	42	60	84	119	168	238	336	476	672					
3x185											4.4	6.2	8.8	12.5	17.6	25	35	50	70	100	141	199	281	398	562						



1.2.5. Sistim IT

Perilaku pada kesalahan ke satu:

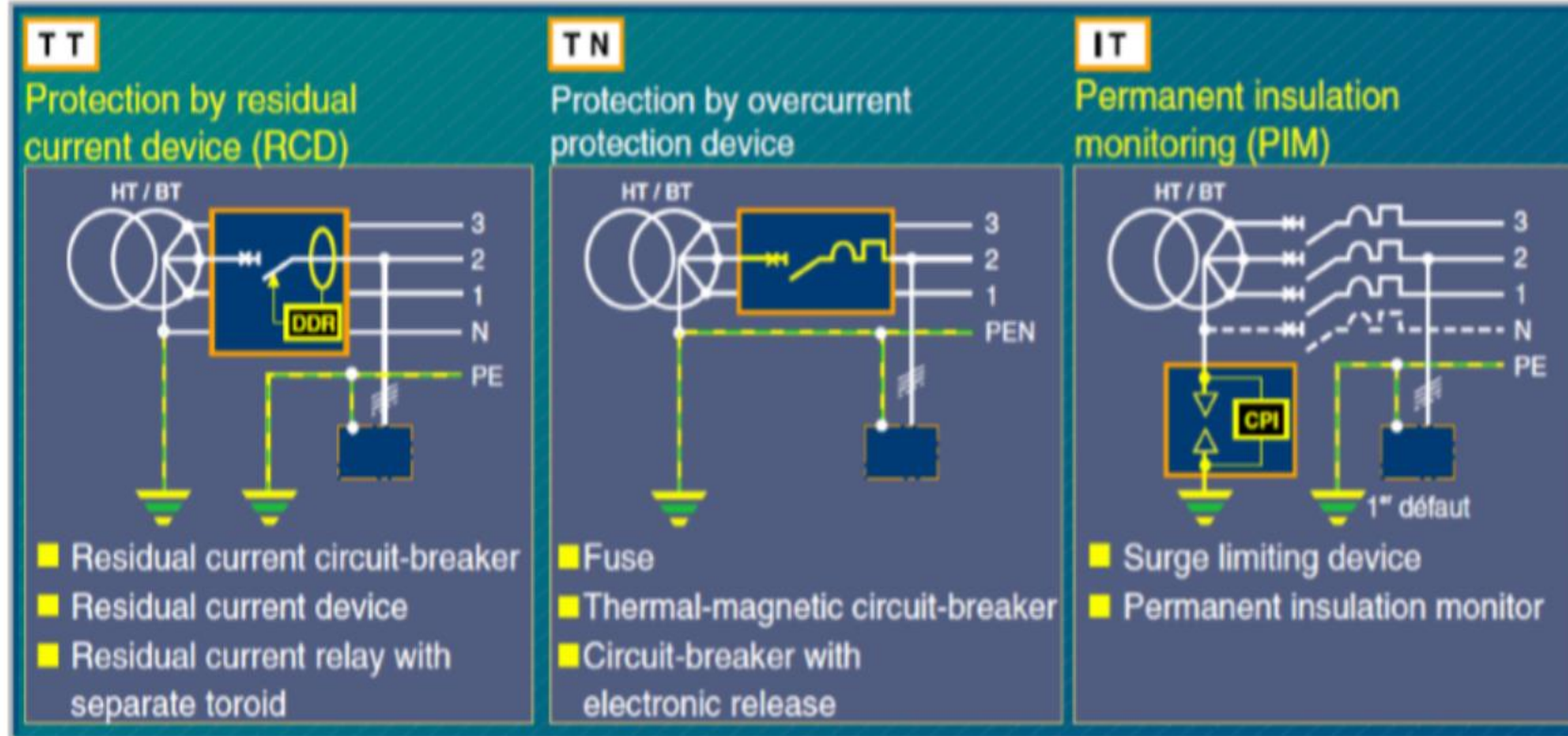
- Titik neteral jaringan instalasi listrik tidak dikebumikan, maka arus gangguan pada jaringan tidak mengalir mengalir ke bumi. Dalam kondisi ini ketika nilai tegangan tidak berbahaya, maka jaringan instalasi dapat tetap beroperasi.
- Karena PIM (Permanent Insulation Monitor) telah melaporkan kesalahan ke satu ini, dimana kesalahan tersebut harus sudah terlokalisir dan dihilangkan sebelum kesalahan kedua terjadi

Perilaku pada kesalahan kedua:

- Jika kesalahan terjadi pada konduktor aktif yang sama, maka tidak akan terjadi halhal yang merupakan gangguan terhadap kelancaran operasi pelayanan jaringan instalasi listrik. Namun, ketika kesalahan terjadi pada dua konduktor aktif yang berbeda (kesalahan ganda), maka akan terjadi hubungan pendek (seperti dalam TN). Pemutusan kesalahan ini akan dilakukan secara otomatis oleh alat pengaman arus lebih.



1.2.6. Feature



1.3. Sistem TN melewati kesalahan ... tetapi mengakibatkan pemutusan untuk memberikan perlindungan

Kesalahan ini mirip dengan kesalahan hubungan singkat sehingga dapat menimbulkan kerusakan berat. Bekerjanya alat pengaman circuit breaker dalam hal ini terjadi pada kesalahan pertama.

- Pada sistem ini tidak dibutuhkan RCD dan PIM. Biaya untuk sistem TN lebih kecil dari yang dibutuhkan sistem TT dan sistem TI tetapi menjadi sangat mahal dalam hal modifikasi atau pengembangannya. Selain itu, sulit pada saat pengerjaan instalasinya karena efek hubung singkat pada kabel dan beban, ditambah fakta menunjukkan bahwa penurunan tegangan dapat mengganggu kerja komputer, dll.
- Untuk membatasi efek dari gangguan pada bagian jaringan instalasi listrik maka perlu pemasangan alat pengaman arus lebih dan mengimplementasikan metode diskriminasi waktu dan energi.
- Kemungkinan lain disarankan dengan memasang sistem TNS secara langsung dibagian hilir dari transformator distribusi, karena memiliki keuntungan yaitu pemutusan gangguan melalui RCD yang dapat melakukan pendeteksian sebelum gangguan hubung singkat..















1.4. Sistim IT membuat gangguan tidak berbahaya dengan menggunakan jaringan listrik dimana hantaran netral tidak dibumikan (IT)

- Solusi pengamanan gangguan dengan sistim ini terdiri dari perbaikan penyebab gangguannya dan bukan perbaikan efek yang ditimbulkan oleh gangguan dimaksud, yaitu dengan membatasi arus gangguan sebesar beberapa mA. Pada jaringan dengan sistim IT yang netralnya tidak dibumikan atau yang netralnya dibumikan melalui impedansi, bila terjadi gangguan yang tidak membahayakan maka tidak ada pemutusan dan operasi layanan jaringan instalasi dapat berlangsung terus. Namun, dengan membiarkan gangguan ini pada jaringan seperti itu sama halnya dengan meninggalkan hubungan langsung antara jaringan ke bumi, seperti sebelumnya.
- Kesalahan kedua menghasilkan arus gangguan yang berbahaya yang harus menyebabkan pemutusan dengan cara yang sama seperti pada jaringan TT dan TN yang dibumikan;
- Jenis jaringan instalasi listrik dengan netral yang tidak dikebumikan memiliki keunggulan hanya jika gangguan nyata kegagalan isolasi segera terdeteksi setelah kesalahan tersebut terjadi. Hal ini dimungkinkan dengan menggunakan rentang System VigiloHm yang secara otomatis dan segera mendeteksi feeder yang mengalami gangguan, termasuk kesalahan intermiten.



2. Switchgear

TT	TN	IT
<p>Residual current devices</p> 	<p>Overcurrent protection devices</p> 	<p>Surge limiting device Permanent insulation monitor</p> 
 <p>0,5 à 125 A Multi 9 systems</p>	 <p>0,5 à 125 A Multi 9 circuit-breaker (or fuse)</p>	 <p>Surge limiting device Cardew C (HV/LV transformer)</p>
 <p>100 à 630 A Compact + Vigi</p>	 <p>80 à 3 200 A Compact circuit-breaker</p>	 <p>Permanent insulation monitoring Vigilohm/Vigilohm system</p>
 <p>1 à 8 000 A Vigirex + toroids</p>	 <p>800 à 6 300 A Masterpact circuit-breaker</p>	 <p>Automatic location Vigilohm system</p>
<p>Possible prevention with:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vigirex option P - Compact NS + insulation monitoring module 	<p>If conditions for protection of people and equipment are not met, use RCDs in TN-S.</p>	<p>On the 2nd fault, protection by overcurrent protection devices</p>



3. Kriteria pilihan sistem pembumian

Kinerja sistem pembumian dinilai berdasarkan lima kriteria yang tercantum di bawah ini:

- Pengamanan terhadap bahaya sengatan listrik;
- Pengamanan terhadap bahaya kebakaran listrik;
- Kontinuitas pasokan daya listrik;
- Pengamanan terhadap bahaya surja;
- Pengamanan terhadap bahaya elektromagnetik.



3.1. Pengamanan terhadap bahaya sengatan listrik

Semua sistem pembumian menjamin perlindungan yang sama terhadap bahaya sengatan listrik, asalkan diterapkan dan digunakan sesuai dengan standar.

3.2. Pengamanan terhadap bahaya kebakaran listrik

Dalam sistem TT, dan sistem TI pada kesalahan isolasi pertama, arus listrik yang dihasilkan oleh kesalahan ini rendah atau sangat rendah, dan bahaya kebakarannya kecil. Dalam hal kesalahan penuh, kuat arus yang dihasilkan tinggi pada pembumian dengan sistem TN, sehingga kerusakan yang ditimbulkan cukup besar. Sistem TN yang tidak diperlengkapi dengan alat pengaman arus sisa tidak memberikan perlindungan yang cukup, oleh karena itu dianjurkan menggunakan pembumian sistem TN-S yang diperlengkapi dengan alat pengaman RCD. Dalam operasi normal, sistem TN-C menunjukkan bahaya kebakaran yang lebih besar dibandingkan sistem yang lain. Selama terjadinya gangguan hubung singkat, energi yang hilang meningkat secara signifikan. Untuk alasan ini, sistem TN-C dilarang di ruangan-ruangan di mana ada ledakan atau bahaya kebakaran.



3.3. Kontinuitas pasokan daya listrik

- Ayunan tegangan;
- Efek yang ditimbulkan karena adanya arus gangguan dalam jaringan instalasi;
- Kerusakan peralatan;
- Pembukaan feeder yang mengalami gangguan.

3.4. Pengamanan terhadap bahaya surja

Di semua sistem pembumian, perlindungan diperlukan. Untuk memilih perlindungan ini, harus mengetahui dengan jelas jenis dan aktivitas pada bangunan yang merupakan tempat dimana sistim pembumian dipasang. Selanjutnya tentukan jumlah dan kualitas zona ekipotensial untuk pemasangan perangkat perlindungan yang diperlukan (arester surja, dll.) pada jaringan listrik dari berbagai sistem listrik yang masuk atau keluar.



3.5. Perlindungan gangguan elektromagnetik

Setiap sistem pembumian dapat dipilih:

- Untuk semua gangguan mode diferensial;
- Untuk semua gangguan (mode umum atau diferensial) dengan frekuensi lebih besar dari MHz.

Sistem pembumian TT, TN-S dan IT dapat memenuhi semua kriteria elektromagnetik. Hanya sistem TN-S yang menghasilkan lebih banyak kerusakan selama terjadinya gangguan kegagalan isolasi karena arus gangguan yang dihasilkan lebih besar dibandingkan sistem yang lain.

Sistem pembumian TN-C dan TN-C-S tidak direkomendasikan dalam sistem yang memiliki konduktor PEN, tidak juga direkomendasikan pada sistem dimana rangka peralatan perisai kabel dilewati arus ketidakseimbangan beban permanen. Arus ini menghasilkan gangguan jatuh tegangan antara rangka peralatan dengan PEN. Adanya pengaruh harmonik di instalasi listrik modern saat ini memperbesar arus gangguan di atas.



4. Ringkasan

1. Dalam hal ada kesalahan isolasi.
2. Semua gangguan elektromagnetik:
 - Eksternal: kesalahan pada jaringan distribusi tegangan tinggi, Surja hubung, surja atmosfer (petir), dll.
 - Internal: Arus gangguan isolasi, harmonics pada jaringan tegangan rendah.



5. Memilih sistem pembumian dan kesimpulan

Ketiga sistem pembumian yang digunakan di seluruh dunia dan distandarisasi oleh IEC 364 memiliki tujuan bersama yaitu mencari keamanan yang tinggi.

Mengenai perlindungan terhadap manusia, semua ketiga sistem pembumian mempunyai kemampuan yang setara asalkan pemasangan instalasinya dan aturan operasi dipenuhi.

Mengingat setiap sistem pembumian memiliki karakteristik khusus maka pilihan sistematis setiap waktu tidak dimungkinkan.

Pilihan harus dihasilkan dari diskusi antara pengguna dan perancang jaringan (teknik kontraktor dan departemen desain, dll) tentang:

- Karakteristik instalasi;
- Kondisi dan persyaratan operasi.

Merupakan ilusi untuk ingin mengoperasikan jaringan instalasi listrik yang netralnya tidak dikebumikan yang secara alami, memiliki tingkat insulasi rendah (beberapa ribu ohm);

Demikian juga akan kontradiktif untuk memilih dalam industri di mana kontinuitas pasokan daya dan kontinuitas produksi adalah persyaratan utama yang harus dipertimbangkan dan di mana bahaya kebakaran besar kemungkinan terjadi maka dipilih sistem yang netralnya terhubung ke bumi.



6. Metodologi untuk memilih sistem pembumian

- Pertama jangan lupa bahwa ketiga sistem pembumian dapat ada berdampingan dalam instalasi listrik yang sama: ini menjamin terhadap kebutuhan keselamatan dan ketersediaan.
- Kedua, pastikan bahwa pilihan sistem pembumian tidak direkomendasikan atau ditetapkan oleh standar atau legislasi (keputusan, perintah menteri).
- Kemudian dialog dengan pengguna untuk mengidentifikasi persyaratan dan sumber dayanya:
 - kebutuhan untuk kesinambungan pasokan,
 - apakah dia memiliki layanan pemeliharaan atau tidak,
 - bahaya kebakaran.



7. Kesimpulan

Dalam banyak kasus, disarankan untuk memasang beberapa sistem pembumian dalam instalasi yang sama. Sebagai aturan, instalasi, dengan identifikasi prioritas yang jelas, menggunakan sumber darurat atau sistem UPS, lebih disukai daripada instalasi berbentuk pohon monolitik.

Untuk lebih jelasnya, ekstrak dari "Cahiers Techniques" (koleksi Buku Teknis) yang diterbitkan oleh Schneider Electric

- CT no. 172EN - sistem pembumian di LV.
- CT no. 173EN - Sistem pembumian di seluruh dunia dan evolusi.
- CT no. 177EN - Gangguan dalam sistem elektronik dan sistem pembumian.

