

Cahier Technique n°3

Dimensionnement de TC



MICROENER

Sommaire

PROTECTION DIFFERENTIELLE POUR CABLE SOUTERRAIN 387/CBL	2
Jeu de Barres 220 kV CT8S	2
Bornes 220 kV du transformateur principal CT9	2
PROTECTION DIFFERENTIELLE DU TRANSFORMATEUR PRINCIPAL 387 MT.....	5
Coté 15.75 kV -CT8	5
Coté 220 kV -CT10	5
PROTECTION DU POINT NEUTRE DU TRANSFORMATEUR PRINCIPAL 351N/MT.....	7
PROTECTION DIFFERENTIELLE DU TRANSFORMATEUR AUXILIAIRE 287/AT.....	8
Coté 6,3 kV -CT 20 & CT 21	8
Coté 15,75 kV - CT 15	8
PROTECTION DE SECOURSAU PRIMAIRE DU TRANSFORMATEUR AUXILIAIRE 250-251/AT	10
PROTECTION SUR LES POINTS NEUTRES DU TRANSFO. AUXILAIRE 251 N-X/AT , 251 N-Y/AT	11
SCHEMA DE L'INSTALLATION	12

PROTECTION DIFFERENTIELLE POUR CABLE SOUTERRAIN 387/CBL**Jeu de Barres 220 kV CT8S**

- Courant de défaut maximal triphasé	: 40 kA
- Courant de défaut minimal triphasé	: 12,64 kA
- Courant de défaut minimal monophasé	: 9,3 kA
- Réducteur de mesure (CT 8S)	: 3150/1A, 30VA, cl. 5P20
- Filerie au secondaire du TC : 2 x 1000m x 10 mm ²	: $R_L = 3,6$ Ohm
- Résistance du bobinage secondaire	: $R_2 = 6,4$ Ohm (estimation)
- Impédance d'entrée du relais	: $R_R = 0,02$ Ohm

Vérification du dimensionnement des TC

La consommation ($R_L + R_R = 3,62$ ohm) est plus petite que la valeur nominale du TC et la valeur de courant de défaut maximum 40 kA est plus petite que le facteur limite de précision ($20 \times 3,150 = 63$ KA).

Aucune saturation significative des TC n'est à craindre aussi bien sur les défaut traversant que sur les défauts internes.

Bornes 220 kV du transformateur principal CT9

- Courant de défaut maximal triphasé	: 40 kA
- Courant de défaut minimal triphasé	: 12,64 kA
- Courant de défaut minimal monophasé	: 9,3 kA
- Réducteur de mesure (CT9)	: 1250/1A, 40VA, CI 5P20
- Filerie au secondaire du TC : 2 x 150m x 6 mm ²	: $R_L = 0,95$ Ohm
- Résistance du bobinage secondaire	: $R_2 = 2,1$ Ohm (estimation)

Vérification du dimensionnement des TC

Du fait du jeu de rapports de transformation entre CT8S et CT9 ($3150 : 1250 = 2,52$), il est nécessaire d'interposer un jeu de TC intermédiaires d'un rapport 2,52/1 A.


- Résistance du TC intermédiaire: $R_{AX} = 0.16$ Ohm
- Impédance d'entrée du relais : $R_R = 0.02\Omega$

Pour les deux TC, CT8S et CT9 le courant de défaut minimum (9300A en monophasé and 12640A en triphasé) est à l'intérieur du facteur limite de précision (20).

Dans le cas d'un courant de défaut traversant (40 KA > 1250 X 20) le courant traversant le TC CT9 pourrait produire un saturation.

Comme CT8S ne sature pas nous devons examiner les situations suivantes:

- Stabilité sur défaut max traversant avec CT9 saturé.
- Fonctionnement sur défaut interne alimenté uniquement par CT9.

 Sce Applications: 01 48 15 09 03 Fax : 01 43 05 08 24 support@microener.com	Les Cahiers Techniques de MICROENER	Cahier N°3 09LA3631055
	DIMENSIONNEMENT DE TRANSFORMATEURS D'INTENSITE	Rev. A Pag. 3 / 12

Pour vérifier la stabilité lors d'un défaut se produisant en dehors de la zone surveillée nous vérifions que la tension V_S aux bornes du relais est plus petite que celle nécessaire pour atteindre le seuil de déclenchement I_S circulant à travers le relais lui même.

Le calcul est :

$$V_S = I_F (R_2 + R_L) = 32 \cdot 3 = 96V$$

$$V_S < I_S (R_R + R_{AX} + R_S) = I_S \cdot (0,18 + R_S)$$

Où R_S est la valeur de la résistance extérieure stabilisatrice éventuellement nécessaire.

Réglage du relais et seuil de déclenchement

En cas de défaut à l'intérieur de la zone protégée, nous devons considérer le courant de défaut minimal (9,3 KA) comme totalement fourni seulement d'un seul coté de la zone protégée.

Le courant de défaut dans le relais est :

$$I_g = I_F \cdot (K_{CT9} \cdot K_{AX}) = 9300 : 3150 = 2,9A$$

La valeur minimale du courant de polarisation (courant traversant) dans ce cas vaut:

$$I_R = \frac{I_1 + I_2}{2} = \frac{I_f}{2} = \frac{2,9}{2} = 1,45A = 1,45 I_n$$

Considérant la valeur max de réglage du pourcentage de polarisation $R=50\%$, le seuil de fonctionnement effectif de la protection différentielle est :

$$I_S = [I_d] + (I_R - 0,5) \cdot \frac{R}{100} = [I_d] + 0,475$$

Le seuil de déclenchement doit être inférieur à la valeur minimale du courant de défaut.

$$I_S < I_g \Rightarrow [I_d] + 0,475 < 2,9 \Rightarrow [I_d] < 2,425$$

Par précaution nous réglons $[I_d] = 2I_n = 2A I_n$ et par conséquent $I_S = 2,475A$

Rapporté au primaire du TC intermédiaire on a:

$$[I_S] = I_S \cdot 2,52 = 6,237 A$$

Revenons à la stabilité sur défaut extérieur à la zone, nous pouvons calculer maintenant la valeur de la résistance extérieure:

$$V_S < I_S (0,18 + R_S) \Rightarrow R \geq \frac{V_S}{I_S} - 0,18$$

$$R \geq \frac{96}{6,237} - 0,18 = 15,2 \Omega \Rightarrow R_x = 18\Omega$$

Cette résistance stabilisatrice sera connectée au primaire des TC de intermédiaires.

 Sce Applications: 01 48 15 09 03 Fax : 01 43 05 08 24 support@microener.com	Les Cahiers Techniques de MICROENER	Cahier N°3 09LA3631055
	DIMENSIONNEMENT DE TRANSFORMATEURS D'INTENSITE	Rev. A Pag. 4 / 12

La valeur maximale de la tension aux bornes de cette résistance R_x pendant un défaut extérieur sera de $18.32=576V$

Nous devons vérifier maintenant que dans toutes les situations de défaut le TC puisse fournir assez de tension faire circuler un courant de déclenchement dans le relais.

Le point de saturation (tension) des TC peut être calculé en considérant qu'il est développé pour un courant correspondant au facteur limite de précision débitant à travers sa charge nominale.

$$V_k = V_2 + R_2 * FI_{2n} = FI_{2n} * \frac{P}{I_{2n}^2} + R_2 * FI_{2n}^2 = 20 * 40 + 2,1 * 20 = 842 V$$

Avec cette valeur de tension, la valeur max de courant I_2 que le TC peut fournir à la charge est :

$$V_k = I_2 (R_2 + R_L + R_x + R_s) = I_2 * 23,5$$

$$I_2 = \frac{V_k}{23,5} = \frac{842}{23,5} = 35,83 A$$

Ramené au secondaire du CTx

$$I_{2x} = \frac{35,83}{2,52} = 14,22A = 14,22 I_n$$

Avec cette circulation de courant, le relais différentiel fonctionne dans la zone 0 de sa courbe et le seuil réel de déclenchement du 1er seuil différentiel est calculé comme suit :

$$I_s = [I_d] + \frac{2[R]}{100} + I_R - 2,5$$

$$I_R = \frac{14,22}{2} = 7,11 ; [I_d] = 2 ; R = 50$$

$$I_s = 2 + 1 + 7,11 - 2,5 = 7,61 I_n$$

$$I_{2x} = 1,87I_s$$

Le relais déclenche normalement.

PROTECTION DIFFERENTIELLE DU TRANSFORMATEUR PRINCIPAL 387 MT**Coté 15.75 kV -CT8**

Courant de défaut maximal triphasé	: $I''_k = 83,6\text{kA}; I_p = 226,5\text{kA}$
CT8	: 15000/5 A, 1000VA, cl 5P20
Filerie au secondaire du TC: $2*150\text{m}*6\text{mm}^2$: $R_L = 0,9\Omega$
Résistance du bobinage secondaire	: $R_2 = 0,4\Omega$ (estimation)
Impédance d'entrée du relais	: $R_R = 0,02\Omega$

Vérification du dimensionnement des TC

La consommation ($0,92\ \text{Ohm} \equiv 22,5\ \text{VA}$) est beaucoup plus faible que la puissance nominale délivrée par le TC et le facteur limite de précision autorise le passage d'un courant plus grand que la valeur maximal du courant de défaut sans saturation .

Coté 220 kV -CT10

- Courant de défaut maximal triphasé	40 KA
- Courant de défaut minimal triphasé	12,64 KA
- Courant de défaut minimal monophasé	9,3 KA
- Réducteur de mesure CT10	1250/5 A, 200VA, d5P20
- Filerie au secondaire du TC : $2 \times 150\text{m} \times 6\text{mm}^2$	$R_L = 0,9\Omega$
- Résistance du bobinage secondaire	$R_2 = 0,02\ \Omega$ (estimation)
- Impédance d'entrée du relais	$R_R = 0,02\ \Omega$

Vérification du dimensionnement des TC

De nouveau la consommation ($0,92\Omega \equiv 22,5\ \text{VA}$) est plus petite que la puissance nominale du TC mais la valeur maximale du courant de défaut 40KA est plus importante que la valeur autorisée par le facteur limite de précision (25 KA).

Le courant de défaut traversant fourni par le 220 kV est n'atteint pas une valeur plus grande que 6 KA à travers CT10 and la saturation n'a pas lieu.

Une saturation peut avoir lieu lors de défaut interne à la zone protégée.

Nous vérifions qu'en cas de défaut interne à la zone protégée et alimenté uniquement par le coté 220KV , la protection différentielle fonctionnera correctement même avec un réglage positionné à son maximum.

$$[d >] = 0,5 I_n$$

$$[R\%] = 50\%$$

Avec un défaut maximal (40KA) le courant fourni au relais est : $\frac{40000}{1250} = 32I_n$ et le courant traversant est : $I_R = 16I_n$

 Sce Applications: 01 48 15 09 03 Fax : 01 43 05 08 24 support@microener.com	Les Cahiers Techniques de MICROENER DIMENSIONNEMENT DE TRANSFORMATEURS D'INTENSITE	Cahier N°3 09LA3631055
		Rev. A Pag. 6 / 12

Par conséquent le courant réel de déclenchement devient:

$$I_s = [d >] + \frac{2[R\%]}{100} + I_R - 2,5 = 15 I_n = 75 \text{ A}$$

La tension nécessaire pour permettre à ce courant de circuler dans le relais est:

$$E_s = I_f (R_2 + R_L + R_s) = 75 * (0,02 + 0,9 + 0,02) = 70,5 \text{ V}$$

La tension de saturation du TC pour un fonctionnement correct doit dépasser largement $E_s : V_k > 2E_s$

V_k peut être calculé à partir de la puissance nominale $P = 200 \text{ VA}$ et du facteur limite de précision $F = 20$.

$$V_k = V_2 + R_2 * FI_{2n} = FI_{2n} * \frac{P}{I_{2n}^2} + R_2 * FI_{2n}^2 = 100 * 8 + 0,02 * 20 = 802 \text{ V}$$

Le TC peut correctement alimenter le relais de protection

Pour la fonction protection terre restreinte les CT 12 et CT 10 ne pose pas de problème particulier.

PROTECTION DU POINT NEUTRE DU TRANSFORMATEUR PRINCIPAL 351N/MT

- Courant de défaut minimal monophasé : 9,3 KA
- Réducteur de mesure CT 13 : 1250/5A, 100VA, cl 5P20
- Filerie au secondaire du TC: 2 x 150m x 6 mm² : $R_L = 0,9 \Omega$
- Résistance du bobinage secondaire : $R_2 = 0,04 \Omega$ (estimation)
- Consommation du relais : $R_R = 0,02 \Omega$
- Courant de défaut mini dans le relais : $I_f = 9300/1250 = 7,44 I_n$
- Réglage du relais : $I_s = 0,1I_g \approx 0,7 I_n = 3,5 A$

Vérification du dimensionnement des TC

$$E_s = I_f (R_2 + R_L + R_s) = 3,5 * (0,04 + 0,9 + 0,02) = 33,6 V$$

$$V_k = FI_{2n} * \frac{P}{I_{2n}^2} + R_2 * FI_{2n}^2 = 400 + 4 = 404 V$$

$$V_k > 2E_s$$

PROTECTION DIFFERENTIELLE DU TRANSFORMATEUR AUXILIAIRE 287/AT**Coté 6,3 kV -CT 20 & CT 21**

- | | |
|--|---|
| - Valeur maximale du courant de défaut triphasé | : $I''_k = 29 \text{ K}; I_p = 73 \text{ KA}$ |
| - Réducteurs de mesure CT 20, CT 21 | : 2000/5A, 50VA, cl 5P20 |
| - Filerie au secondaire des TC : 2 x 50m x 6 mm ² | : $R_L 0,3 \Omega$ |
| - Résistance du bobinage secondaire | : $R_2 0,13 \Omega$ (estimation) |
| - Impédance d'entrée du relais | : $R_R 0,04 \Omega$ |

Vérification du dimensionnement des TC

$$V_k = FI_{2n} * \frac{P}{I_{2n}^2} + R_2 * FI_{2n}^2 = 100 * 2 + 13 = 213 \text{ V}$$

Coté 15,75 kV - CT 15

- | | |
|--|---|
| - Valeur maximale du courant de défaut triphasé | : $I''_k=162,2 \text{ kA}; I_p = 434,64 \text{ KA}$ |
| - Réducteur de mesure CT 15 | : 5000/5A, 100VA, cl 5P20 |
| - Filerie au secondaire du TC : 2 x 150m x 6 mm ² | : $R_L = 0,9 \Omega$ |
| - Résistance du bobinage secondaire | : $R_2 = 0,16 \Omega$ (estimation) |
| - Impédance d'entrée du relais | : $R_R = 0,02 \Omega$ |

Vérification du dimensionnement des TC

$$V_k=100*4+16=416\text{V}$$

Le rapport de transformation entre CT 20 et CT 15 est trop important (6,25 / 1) le relais ne rattraper un tel écart; Par conséquent il y a lieu de mettre ne place des TC intermédiaires coté 6,3 kV :

- CT_x : 31,25/5A; 2VA, cl 5P20
- CT auto consommation : 3VA \equiv R_x \equiv 0,003 Ω

Avec la correction introduite par les CT_x le rapport effectif des CT_s devient:

- 15,75 coté 5000/5A (Courant nominal du transformateur 880A @ 24 MVA)
- 6,3 kV 12500/5A (Courant nominal du transformateur 1100A @ 12 MVA)

Etant donné que le courant au primaire de TC dépasse 5 fois le courant nominal du transformateur, il est recommandé d'utiliser la protection différentielle avec un calibre nominal de 1A en considérant que le ratio des TC est respectivement 1000/1A et 2500/1A.

L'unité de mesure du relais supporte 200A pendant 1 sec correspondant à 5A•40, ce qui correspond respectivement à 200000A coté 15.75 kV et 80000A coté 6,3 kV; Ces valeurs sont largement supérieures aux valeurs maximales des courant de défaut.

Les défauts traversant alimentent, soit depuis le coté 15,75 kV soit depuis le coté 6,3 kV, dans les deux cas ils n'entraînent pas la saturation des TC.

 Sce Applications: 01 48 15 09 03 Fax : 01 43 05 08 24 support@microener.com	Les Cahiers Techniques de MICROENER DIMENSIONNEMENT DE TRANSFORMATEURS D'INTENSITE	Cahier N°3 09LA3631055
		Rev. A Pag. 9 / 12

Nous vérifions ensuite que Durant un défaut interne à la zone protégée le TC peuvent fournir le courant nécessaire au bon fonctionnement du relais de protection même dans le cas de réglages placés au maximum.

$$[d >] = 0,5 I_n$$

$$[R\%] = 50\%$$

a) Défaut interne alimenté uniquement par le coté 15,75 kV

Avec la valeur maximale du courant de défaut (162,2 kA) le courant alimentant le relais est :

$$(162200 / 5000) * 5 = 162,2 \text{ A} = 162,2 I_n$$

Et le courant traversant est :

$$I_f = 81 I_n$$

Dans cette situation le seuil de déclenchement du relais est $18 I_n = 18 \text{ A}$ (zone 4 de la caractéristique de fonctionnement).

La valeur minimale de la tension nécessaire que doit délivrer le CT 15 est :

$$E_S = I_f (R_2 + R_L + R_R) = 180,16 + 0,9 + 0,04 = 20V$$

$$V_K = 416V > 2E_S$$

b) Défaut alimenté uniquement par le coté 6,3 kV

$$I_f = (162200 / 12500) * 5 = 11,6 \text{ A} = 11,6 I_n$$

$$I_f = 6A = 6 I_n$$

Le relais fonctionne dans la 3e zone de sa caractéristique de fonctionnement et le seuil réel de déclenchement est :

$$I_s = [d >] + \frac{2[R]}{100} + I_R - 2,5 = 0,5 + 1 + 6 - 2,6 = 5 \text{ A}$$

La tension nécessaire depuis CT10 est calculé avant les transformateurs d'adaptation

$$CT_x \Rightarrow I_g = I_s * 6,25 = 31,25 \text{ A}$$

$$E_S = I_f (R_2 + R_L + R_R / 6,25) = 31,25 (0,13 + 0,3 + 0,003 + 0,001) = 13,6 \text{ V}$$

$$V_K = 213V > 2E_S$$

PROTECTION DE SECOURS AU PRIMAIRE DU TRANSFORMATEUR AUXILIAIRE 250-251/AT

- Valeur maximale du courant de défaut triphasé : $I''_k = 162,2\text{kA}$, $I_p = 434,6\text{kA}$
- Réducteur de mesure CT 17 : 5000/5A 100 VA, cl 5P20
- Filerie au secondaire du TC : 2 x 150 m x 6 mm² : $R_L = 0,9 \Omega$
- Résistance du bobinage secondaire : $R_2 = 0,16 \Omega$ (estimation)
- Impédance d'entrée du relais : $R_R = 0,02 \Omega$

Vérification du dimensionnement des TC

$$V_k = FI_{2n} * \frac{P}{I_{2n}^2} + R_2 * FI_{2n}^2 = 120 * 5 * \frac{100}{25} + 0,16 * 20 * 5 = 416 V$$


Nous pouvons vérifier que le TC peut fournir la tension nécessaire au bon fonctionnement du relais lorsque celui-ci est réglé à son maximum.

$$V_k > E_s$$

- Réglage max du relais $40 I_n = 200A$

$$E_s = I_f (R_2 + R_L + R_R) = 200(0,9 + 0,16 + 0,02) = 216V$$

$$V_k = 416V = 1,95 E_s$$

 <p>Sce Applications: 01 48 15 09 03 Fax : 01 43 05 08 24 support@microener.com</p>	<p align="center">Les Cahiers Techniques de MICROENER</p> <p align="center">DIMENSIONNEMENT DE TRANSFORMATEURS D'INTENSITE</p>	<p align="center">Cahier N°3 09LA3631055</p> <hr/> <p>Rev. A Pag. 11 / 12</p>
---	--	--

PROTECTION SUR LES POINTS NEUTRES DU TRANSFO. AUXILIAIRE 251 N-X/AT , 251 N-Y/AT

- La valeur maximale du courant de défaut triphasé est 29 KA; Le courant circulant dans la connexion entre le point neutre à la terre est limité par une résistance de mise à la terre.

- Réducteur s de mesure CT 18, CT 19 : 600/5 A, 100VA, cl. 5P20
- Filerie au secondaire des TC 2 x 150 m x 6 mm² : R_L = 0,9 Ω
- Résistance du bobinage secondaire : R₂ 0,02 Ω (estimation)
- Impédance d'entrée du relais : R_R = 0,02 Ω

Vérification du dimensionnement des TC

Les réglages du relais seront plus bas que le courant correspondant au facteur limite de précision (600 x 20 = 12000 A) et la puissance nominales des TC (100 VA) est beaucoup plus grande que celle nécessaire à l'alimentation des relais (0,9 x 25 + 0,02 x 25 23 VA).

Il n'ya donc pas de problème en vue.

SCHEMA DE L'INSTALLATION

