

## B - TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

Les transformateurs de puissance HT/HT ou HT/BT peuvent être endommagés par des défauts d'origine interne, ou d'origine externe, tels que surcharges ou courts-circuits soumettant les enroulements à un échauffement et à des efforts électrodynamiques excessifs. Les défauts d'origine interne sont constitués par les courts-circuits entre spires, entre enroulements ou entre un enroulement et la cuve, d'intensité variable suivant leur emplacement.

La détection et l'élimination de ces différents défauts nécessitent l'usage de plusieurs types de relais de protection, dont les fonctions et l'emploi sont explicités par le texte et les schémas suivants.

Toutefois, les défauts propres au circuit magnétique (échauffements locaux par courants induits) ne peuvent être détectés par une protection électrique et sont pris en compte par un relais mécanique actionné par le dégagement gazeux créé par le défaut (par exemple pour les transformateurs refroidis par huile).

### B.I - PROTECTION DE SURCHARGE

Lorsque, dans certains cas d'exploitation, la puissance absorbée par un transformateur est supérieure à sa puissance nominale, il est utile de prévoir une surveillance des surcharges prolongées et de faible amplitude. La protection de surcharge peut être assurée par un relais à maximum de courant monophasé temporisé de 20 à 30 secondes, du type **ITG 7105**, utilisé en signalisation, ou de préférence par un relais à image thermique du type **ITT 7610**. Plusieurs versions de cet appareil, se différenciant par leur constante de temps, permettent son utilisation pour des transformateurs de diverses puissances.

Avec une constante de temps thermique réglable de 4 à 180 minutes, le relais digital multifonctions **RMST 7992** assure une protection contre les surcharges pour tous les types de transformateur. L'unité d'alarme thermique de ce relais peut d'autre part, initialiser une séquence de délestage des départs.

Sur les grosses unités qui possèdent des sondes de températures disposées aux points les plus chauds des enroulements, la meilleure solution consiste à utiliser des relais de surveillance de température.

Les **STEP 7040** et **STEP 7060** avec respectivement, 4 et 6 voies de mesures permettent le contrôle permanent d'un nombre de points correspondant (voir notice 1732).

## B.II - PROTECTION A MAXIMUM DE COURANT CONTRE LES DEFAUTS POLYPHASES

Au primaire des transformateurs il est recommandé d'utiliser un relais à maximum de courant possédant un seuil bas temporisé et un seuil haut instantané.

Le seuil bas est réglé de manière sélective avec les protections disposées en aval, afin d'en assurer le secours et d'éliminer les défauts internes d'amplitude peu importante. Le type de caractéristiques temps/courant, temps indépendant, inverse, très inverse ou extrêmement inverse des relais ITG de la série 5/6 (ITG 7166, 7266, 7366 ou 7466) ou des relais multicourbes à microprocesseur des séries RMS (RMS 7992, RMST 7992, RMSA 7992) est généralement choisi identique à celui des autres relais à maximum de courant de l'installation ; cependant, il est souvent possible de réaliser une coordination correcte entre relais à temps dépendant et relais à temps indépendant.

A titre d'exemple non limitatif, la figure B1 montre l'association d'un relais à temps inverse implanté au primaire et d'un relais à temps indépendant à deux seuils et deux temporisations utilisé au secondaire d'un transformateur.

L'utilisation du temps dépendant est parfois préférable dans les circonstances suivantes :

- Les départs au secondaire du transformateur sont protégés par fusibles (voir figure B2),
- L'exploitation comporte la possibilité de surcharges importantes pendant plusieurs secondes (par exemple réaccélération de moteurs),
- Les courants magnétisants à la mise sous tension du transformateur sont de forte amplitude et décroissent lentement.

D'autre part le seuil haut instantané est ajusté légèrement au dessus du courant de court-circuit triphasé symétrique, côté secondaire (+ 20% environ). Réglée de la sorte, cette unité reste insensible à tout défaut survenant côté basse tension ; il n'existe donc pas de possibilité de déclenchement intempestif instantané lors d'un défaut en aval.

Par contre, elle intervient très rapidement en cas de défaut violent interne au transformateur ou dans le câble de liaison côté primaire. Par conséquent, l'utilisation d'un seuil haut instantané pour la protection des transformateurs permet de réduire considérablement le temps d'intervention des protections installées en amont. Il est donc ainsi possible de réduire le dimensionnement des câbles d'alimentation pour ce qui concerne la tenue aux court-circuits.

## **B.III - PROTECTION HOMOPOLAIRE**

Exception faite de certains cas à couplage Yyn ou des auto-transformateurs, les courants homopolaires ne peuvent transiter entre primaire et secondaire d'un transformateur.

Il est donc nécessaire de prévoir des protections distinctes côté primaire et côté secondaire contre les défauts monophasés pouvant survenir soit à l'intérieur du transformateur, soit sur un câble de liaison.

### **B.III.1 Défauts monophasés survenant au primaire**

Côté primaire, la mesure de courant résiduel est fréquemment réalisée à partir des trois TC de phase équipant le départ (cas du relais **ITG 7105** et de l'unité homopolaire des relais **ITG** de la série **5/6** : **ITG 7196, 7296, 7396** ou **7496** ou des relais multicourbes à microprocesseur du type **RMS 7992** ou **RMST 7992**).

Le relais de protection doit alors remplir l'une des deux conditions suivantes :

- Soit, être temporisé légèrement pour éviter les déclenchements intempestifs provoqués par la circulation d'un courant homopolaire artificiel consécutif à une saturation passagère des réducteurs de mesure (courant de magnétisation ou de défaut en aval). Un seuil d'environ 6% minimum peut être envisagé dans ce cas.
- Soit, être instantané, mais le seuil ne devra pas être inférieur à 15 ou 20% In TC. Souvent, cette contrainte conduit à une valeur de réglage trop important vis-à-vis du courant de défaut maximal, d'où un manque de sensibilité.

L'emploi d'un tore encerclant les 3 phases pour la mesure du courant résiduel (cas des relais **ITH 7111, ITG 7105**, et de l'unité homopolaire des relais **ITG** de la série **5/6** ou de la série **RMS**) permet d'obtenir une protection à la fois sensible et rapide.

Lorsqu'il n'est pas possible de monter un tel réducteur de mesure on peut, si la longueur des câbles est faible, relier leur tresse de masse à la cuve du transformateur, ainsi la protection de masse-cuve (voir B.III.3) couvrira également la "zone" des câbles.

### **B.III.2 Défauts monophasés survenant au secondaire**

Lorsque les enroulements d'un transformateur côté secondaire sont couplés en étoile et possèdent un point neutre relié à la terre, un relais à maximum de courant monophasé est installé sur la connexion du point neutre à la terre, et doit être réglé de manière sélective avec les protections homopolaires du réseau en aval.

Ce relais est du type **ITG 7105** (ou **ITG 7205, 7305, 7405** - temps dépendant) que le réducteur de mesure soit un tore ou un TC bobiné ou du type **ITG 7114** s'il est nécessaire de filtrer les harmoniques du 3ème ordre.

On peut y adjoindre en outre une protection différentielle homopolaire à haute impédance du type **LAG 7014** qui compare le courant circulant dans la liaison du point neutre à la terre avec la somme des courants des phases secondaires (obtenue par connexion résiduelle des 3 TC de ligne).

### **B.III.3 Protection de cuve**

Une protection rapide, détectant les défauts internes au transformateur, est constituée par le relais de détection de défaut à la masse de cuve.

Si, comme cela est souvent le cas, cette dernière est mal isolée du sol, le relais de protection ne sera pas réglé en dessous de 10% du courant maximal de défaut terre, afin d'éviter le risque de fonctionnement intempestif causé par un courant homopolaire "vagabond" (par exemple, courant de défaut à la terre d'un départ voisin transitant dans le circuit formé par la cuve et sa mise à la terre).

En pratique, il est conseillé de temporiser légèrement cette protection (du type **ITG 7105**).

La protection de masse cuve associée au relais à détection de gaz Buchholz, à l'unité instantanée seuil haut, et à l'unité homopolaire du relais implanté au primaire du transformateur permet d'obtenir une détection sûre et une élimination rapide des défauts affectant le transformateur.

## **B.IV - PROTECTION DIFFERENTIELLE**

Ce type de protection est indiqué pour les transformateurs de forte puissance, et limite l'ampleur des détériorations causées par un défaut interne en éliminant de façon instantanée les courts-circuits pouvant survenir entre enroulements d'une même phase ou de phases différentes.

Il est préférable de conserver la protection à maximum de courant triphasée comme protection de secours, et une protection contre les défauts à la terre doit être prévue (relais homopolaire au primaire) lorsque le réseau côté primaire est à neutre impédant.

Afin de rester insensible à l'appel de courant magnétisant qui se produit à la mise sous tension du transformateur, et dont la valeur peut être très supérieure à celle du courant nominal, le relais différentiel triphasé **DTT 7031** possède un dispositif de retenue pour les courants d'harmonique 2 (qui caractérisent les courants d'enclenchement).

D'autre part, pour assurer la stabilité du relais sur court-circuit extérieur, le seuil est augmenté de façon proportionnelle au courant traversant lorsque celui-ci dépasse le courant nominal (relais à pourcentage).

Des TC auxiliaires doivent être employés pour les raisons suivantes :

- Compenser les différences d'amplitudes et de phase (dans le cas d'un couplage étoile-triangle) entre les courants nominaux au secondaire des TC installés des deux côtés du transformateur.
- Supprimer les courants homopolaires apparaissant d'un seul côté du transformateur lorsque son point neutre est relié à la terre, lors de défauts à la terre sur le réseau.

Les transformateurs étant en général équipés d'un régleur en charge à prises, le seuil de fonctionnement des relais différentiels ne peut être réglé en dessous de 15 à 20%  $I_n$ .

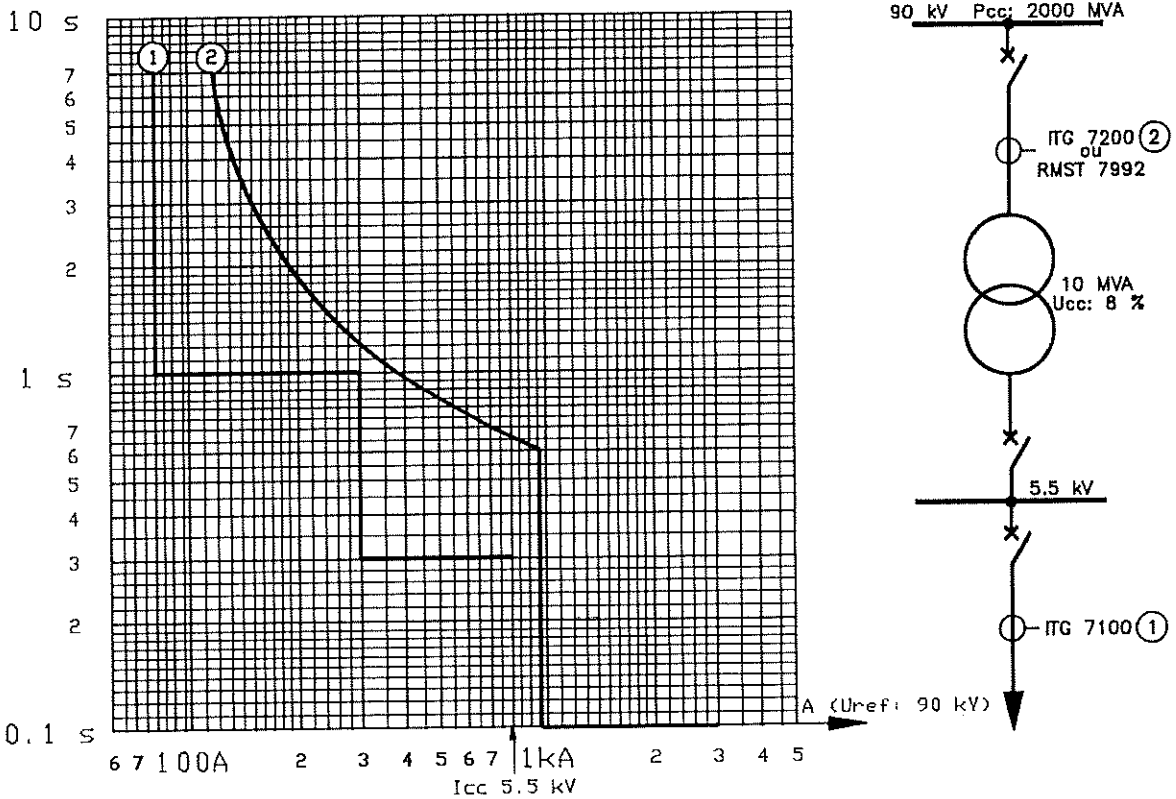
## B.V - PROTECTION DIRECTIONNELLE

Lorsqu'il existe une autre source en parallèle sur un transformateur non équipé de protection différentielle, il est nécessaire d'utiliser des protections de découplage permettant de réaliser dans un premier temps, une séparation de réseau, puis une élimination sélective de l'équipement en défaut.

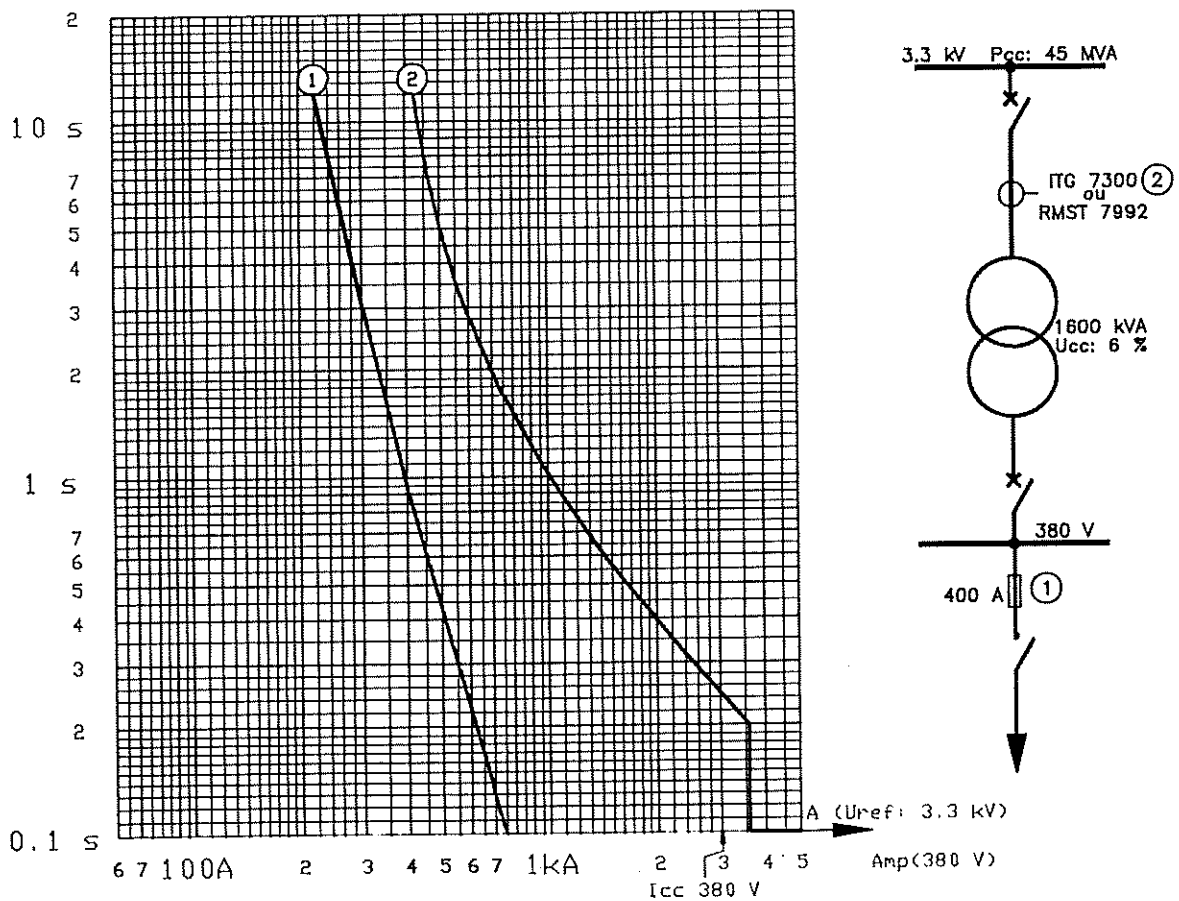
A cet effet, sont implantés côté secondaire du transformateur, deux relais de courant directionnels du type **ITD 7111** ou un relais multicourbes à microprocesseur du type **RMSD 7921** pour accomplir la fonction de découplage en cas de défaut phase interne au transformateur ou survenant sur le réseau d'alimentation primaire. (Il faut noter que les relais de retour de puissance du type **WTG\_7131** n'assurent pas correctement cette fonction, leur fonctionnement ne pouvant être garanti lorsque la tension résultant du défaut est trop faible).

De plus, un relais à maximum de courant homopolaire directionnel du type **ITD 7112** ou un **RMSD 7912** devra être implanté lorsque le réseau secondaire comporte au moins deux mises à la terre dont l'une au niveau du point neutre du transformateur surveillé.

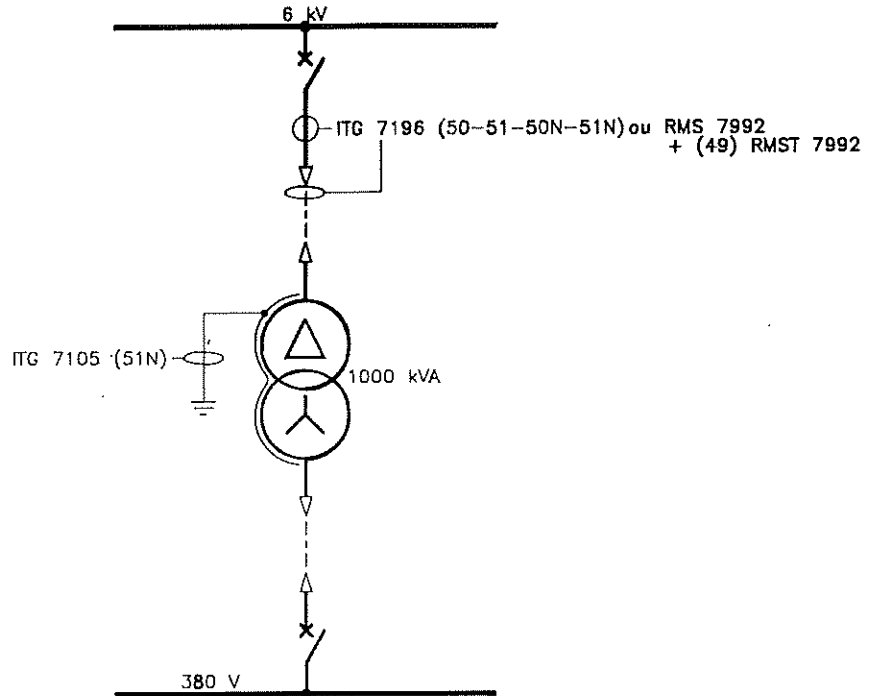
**B1 : COORDINATION ENTRE RELAIS A TEMPS INVERSE ET A TEMPS INDEPENDANT**



**B2 : COORDINATION ENTRE FUSIBLES ET RELAIS A TEMPS TRES INVERSE**

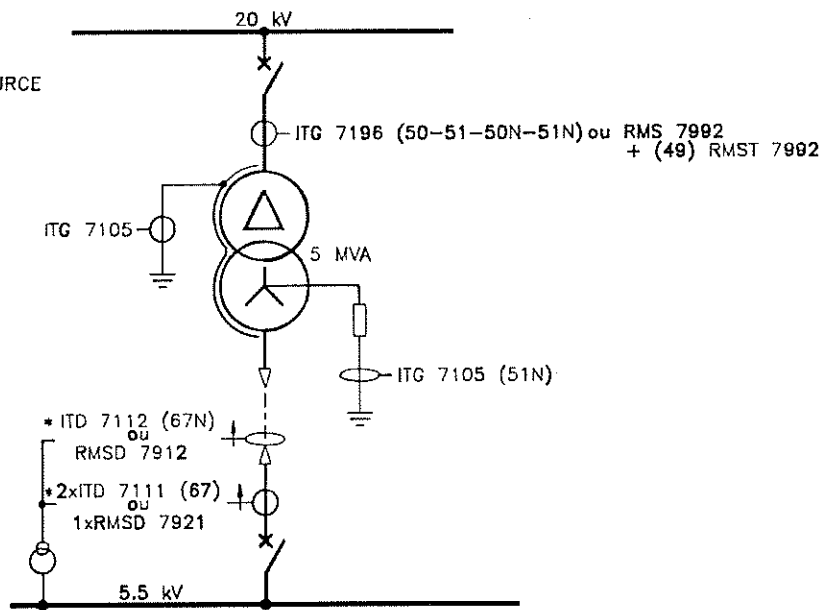


### B3 : EXEMPLE DE PROTECTION : TRANSFORMATEUR MT/BT



### B4 : EXEMPLE DE PROTECTION : TRANSFORMATEUR MT/MT

\* CAS D'UNE AUTRE SOURCE EN PARALLELE.



### B5 : EXEMPLE DE PROTECTION : TRANSFORMATEUR HT/MT

