

# GÉNÉRATION & RÉSEAUX

## Protections Numériques des Machines Synchrones

# GMS7000



La gestion optimale des réseaux d'énergie électrique repose, en particulier, sur la fiabilité, la disponibilité et l'aptitude à la communication des dispositifs de protections, de mesures et d'automatismes.

PROCOM, la série d'équipements modulaires CEE répond à ces critères en offrant la possibilité d'utiliser de façon séparée ou intégrée l'ensemble des fonctions intelligentes d'une cellule électrique : Protection, Mesure, Automatisation et Communication.

L'expérience exceptionnelle dont bénéficie CEE dans le domaine de la protection des réseaux par relais statiques (plus de 450.000 unités installées à travers le monde) a permis la définition et la réalisation de PROCOM, selon les normes de qualité et les concepts d'innovations technologiques ayant fait la réputation de CEE pendant ces 30 dernières années.

### PRINCIPES ET APPLICATIONS

Les équipements de la série GMSx7000 ont pour mission d'assurer la protection des machines synchrones connectées sur des réseaux électriques triphasés 50 Hz ou 60 Hz.

De conception modulaire, ils s'intègrent parfaitement dans l'architecture PROCOM ou s'utilisent indépendamment dans tout autre schéma de protection classique.

Faisant appel à une technologie numérique à microprocesseur, les GMSx7000 échantillonnent les signaux appliqués et élaborent par transformation de Fourier rapide (F.F.T.), les vecteurs tensions et courants de phases puis, par calcul sur les grandeurs obtenues, leurs composantes symétriques, la puissance

active et le cas échéant, l'impédance apparente du réseau alimenté par le générateur ou la puissance apparente absorbée par le moteur synchrone.

Les GMSx7000 se caractérisent par une large gamme de fonctionnement en fréquence (8 Hz - 70 Hz) les rendant particulièrement aptes à superviser les machines dont la fréquence peut varier notablement (montée en vitesse ou survitesse des générateurs hydrauliques, réseaux îlotés à faible puissance de court-circuit, ...) et par une grande insensibilité aux tensions et courants d'harmonique 3 autorisant l'utilisation de seuils homopolaires très faibles.

## PRINCIPES ET APPLICATIONS

La série GMSx7000 comprend deux familles :

- Les GMSx7001, destinés à la protection des générateurs synchrones entraînés par des machines de tout type : turbines à vapeur, turbines hydrauliques, turbines à gaz, moteurs diesel, moteurs à gaz.
- Les GMSx7002, destinés à la protection des moteurs synchrones, entraînant des compresseurs centrifuges ou à pistons, des broyeurs, ou toute autre mécanique.

Les deux familles comportent trois modèles qui se distinguent par le mode de détection des défauts à la terre ainsi que par la grandeur caractéristique employée, tension homopolaire ou courant homopolaire :

- Les GMS7000, utilisés lorsque les 3 tensions simples sont disponibles (3 TP / neutre distribué) et que la tension homopolaire, reconstituée par sommation interne, est employée comme grandeur caractéristique du fonctionnement du relais.

- Les GMSH7000, utilisés lorsque 2 tensions composées sont disponibles et que le courant homopolaire est employé comme grandeur caractéristique du fonctionnement du relais.
- Les GMSV7000, utilisés lorsque 2 tensions composées sont disponibles et que la tension homopolaire, issue d'un TP de point neutre ou d'un montage de 3 TP montés en triangle ouvert, est employée comme grandeur caractéristique du fonctionnement du relais.

Les GMSx7000 assurent l'ensemble des fonctions usuellement requises pour la protection d'une machine synchrone à l'exception de la protection différentielle du stator (maintenue séparée pour obtenir la redondance nécessaire du système de protection) et de la détection des défauts d'isolement du rotor qui utilise des principes de mesures et des grandeurs caractéristiques particulières.

Le tableau n° 1 ci-dessous résume les fonctions de protection de la famille GMSx7001 (protection des générateurs) :

Fonctions	code ANSI	GMS7001	GMSH7001	GMSV7001
Image Thermique	49	x	x	x
Maximum de courant inverse	46	x	x	x
Perte d'excitation	40	x	x	x
Minimum d'impédance	21	x	x	x
Maximum de courant	51	x	x	x
Maximum de tension	59	x	x	x
Contrôle de flux magnétique (U/f)	24	x	x	x
Minimum de tension	27	x	x	x
Maximum et minimum de fréquence	81	x	x	x
Retour de puissance active	32-1	x	x	x
Maximum ou minimum de puissance active	32-2	x	x	x
Maximum de tension homopolaire	59G	x		x
Maximum de courant homopolaire	64		x	

Tableau n° 1

Le tableau n° 2 ci-dessous résume les fonctions de protection de la famille GMSx7002 (protection des moteurs synchrones) :

Fonctions	code ANSI	GMS7002	GMSH7002	GMSV7002
Image Thermique	49	x	x	x
Maximum de courant inverse	46	x	x	x
Perte de synchronisme	55	x	x	x
Maximum de courant	50	x	x	x
Démarrage trop long / Blocage rotor	51LR	x	x	x
Maximum de tension	59	x	x	x
Contrôle de flux magnétique (U/f)	24	x	x	x
Minimum de tension	27	x	x	x
Maximum et minimum de fréquence	81	x	x	x
Maximum ou minimum de puissance active	32-2	x	x	x
Maximum de tension homopolaire	59G	x		x
Maximum de courant homopolaire	64		x	

Tableau n° 2

## PRINCIPES ET APPLICATIONS

### Image thermique [49]

Les GMSx7000 élaborent une image thermique de la machine à partir d'une composition appropriée des composantes symétriques directe et inverse des courants statoriques.

Cette disposition permet de suivre fidèlement le comportement thermique des machines, aussi bien lors des fonctionnements équilibrés ou faiblement déséquilibrés, où la température atteint une valeur quasiment uniforme sur les 3 phases, que lors des fonctionnements fortement déséquilibrés où la température sur l'une des phases peut y atteindre un niveau beaucoup plus élevé que sur les 2 autres.

Le courant thermique équivalent  $I$  s'exprime par la formule :

$$I = \sqrt{I_{Pos}^2 + K^2 I_{Neg}^2}$$

où :  $I_{Pos}$  : composante directe des courants,  
 $I_{Neg}$  : composante inverse des courants,  
 $K^2$  : constante de pondération de l'effet thermique du courant inverse, réglable de 4 à 16.

Les phénomènes de propagation de la chaleur dans la machine ainsi que les précharges sont pris en compte à l'aide d'une constante de temps  $\tau$  réglable de 4 à 240 minutes. Un seuil d'alarme ajustable de 80 à 100 % de l'état thermique nominal est disponible.

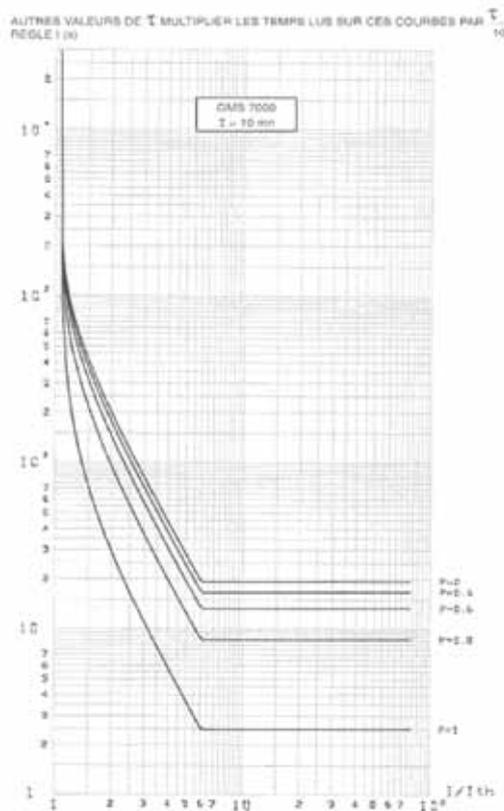


Figure 1 - Image Thermique [49]  
 Courbe de l'unité thermique CEI 255-8

### Maximum de courant inverse [46]

Les défauts déséquilibrés sont à l'origine d'échauffements beaucoup plus sévères que ceux provoqués par les défauts équilibrés. En effet, la composante inverse des courants statoriques génère dans l'entrefer un champ magnétique tournant en sens contraire du sens de rotation du rotor y induisant des courants à fréquence double. Ces courants circulent préférentiellement dans les circuits à faible impédance tels que l'enroulement d'excitation et les amortisseurs, mais également dans la masse du rotor où, par effet de peau, ils se contractent en surface en dégageant des pertes calorifiques importantes. Dans ces conditions, la température du rotor atteint des valeurs importantes provoquant un vieillissement accéléré de l'isolation et de fortes contraintes mécaniques.

Les générateurs sont généralement conçus (norme CEI 34) pour supporter les échauffements consécutifs à la circulation des courants inverses selon une loi:

$$(I_{Neg} / I_n)^2 * t = C$$

où :  $I_{Neg}$  : composante inverse des courants  
 $t$  : tenue du générateur (secondes)  
 $C$  : constante dépendant du type de générateur (secondes)

Les GMSx7000 assurent la protection du rotor contre les déséquilibres par une caractéristique de fonctionnement temps/courant inverse qui répond exactement à la loi ci-dessus avec une constante  $C$ , réglable de 8 à 40 secondes (voir figure n° 2). Cette fonction est également pourvue d'un seuil de démarrage ajustable de 4 à 40 %  $I_n$  et d'un seuil d'alarme ajustable de 3 à 20 %  $I_n$ .

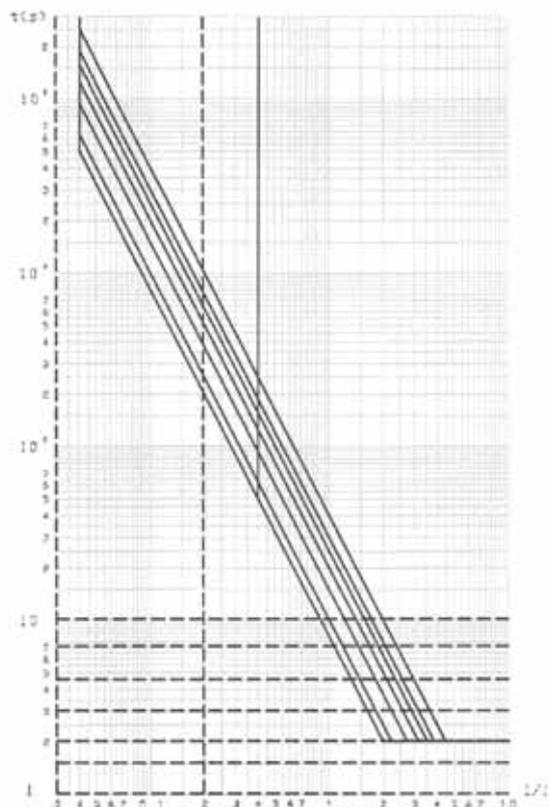


Figure 2 - Maximum de courant inverse [46]  
 Caractéristique Temps/Courant

## PRINCIPES ET APPLICATIONS

### Perte d'excitation [40] [GMSx7001]

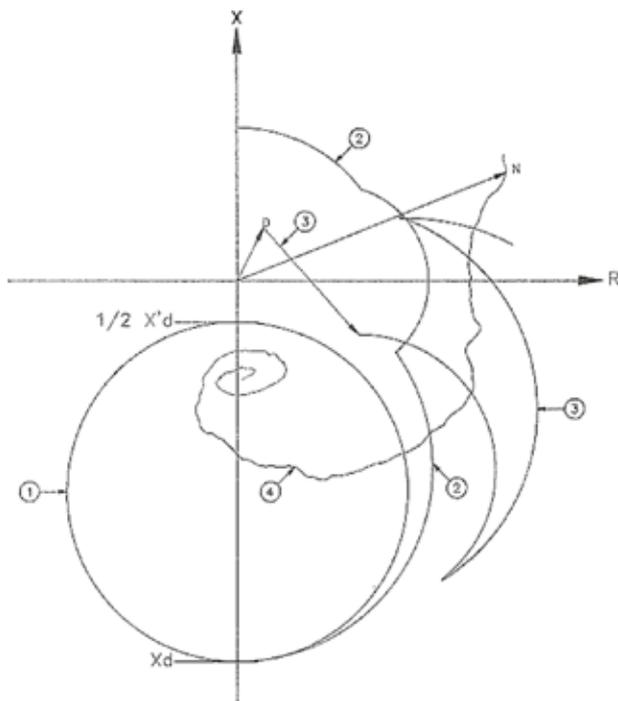
Lorsqu'un générateur perd son excitation (ouverture inopinée du disjoncteur d'excitation, court-circuit dans l'enroulement de champ, défaut de la régulation automatique de tension, ...), la puissance réactive nécessaire à sa magnétisation lui est fournie par le réseau et, si une légère charge préalable existe, la machine perd le synchronisme. Il en résulte d'une part, une perturbation du fonctionnement du réseau (chutes de tension, surcharges, ...) d'autant plus forte que la puissance du générateur est importante et d'autre part, pour la machine en défaut, des échauffements importants des têtes de bobines du stator ainsi que des circuits et des tôles rotoriques. La détection et l'élimination de tels régimes est donc nécessaire.

L'analyse du comportement de la machine montre que l'impédance vue à ses bornes varie entre l'impédance synchrone d'axe direct  $X_d$  (machine ayant conservé le synchronisme) et l'impédance subtransitoire d'axe direct  $X''_d$  (machine à l'arrêt).

En réalité, le générateur poursuit sa rotation et l'impédance apparente moyenne à ses bornes est légèrement inférieure à l'impédance transitoire d'axe direct  $X'_d$ .

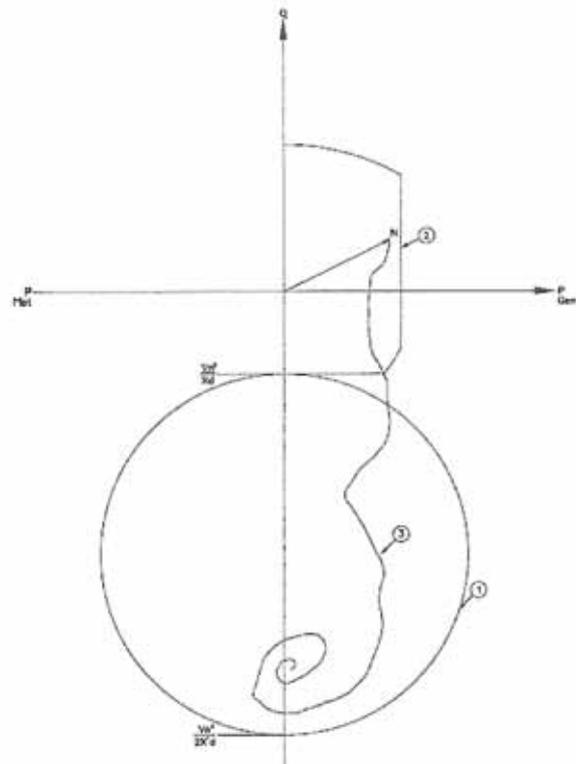
Les GMSx7001 utilisent la mesure de l'impédance interne d'un générateur pour la protection de celui-ci contre la perte d'excitation. A cet effet, leur caractéristique de fonctionnement dans un diagramme d'impédance R-X est un cercle décalé et centré sur l'axe des X négatifs (machine inductive). Le décalage par rapport à l'origine est généralement fixé à la moitié de l'impédance transitoire  $X'_d$  et le diamètre est égal à l'impédance synchrone  $X_d$  minorée du décalage  $X'_d/2$  (voir figure n° 3).

Cette caractéristique circulaire confère à la protection une grande sûreté de fonctionnement en autorisant tous les régimes stables du générateur permanents ou transitoires qui sont accompagnés de violentes oscillations des puissances active et réactive avec le réseau après l'élimination d'un défaut.



- ① Caractéristique GMS
- ② Limites de fonctionnement du générateur
- ③ Trajectoire de l'impédance apparente pendant et après l'élimination d'un défaut
- ④ Trajectoire de l'impédance apparente lors d'une perte d'excitation

Figure 3 - Perte d'excitation [40]  
Diagramme R-X



- ① Caractéristique GMS
- ② Limites de fonctionnement du générateur
- ③ Trajectoire de la puissance apparente lors d'une perte d'excitation

Figure 4 - Perte d'excitation [40]  
Diagramme P-Q

## PRINCIPES ET APPLICATIONS

### Perte de synchronisme [55] [GMSx7002]

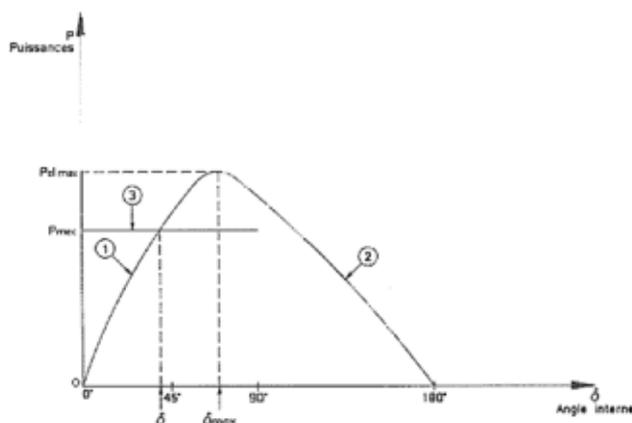
La puissance électrique active  $P_{el}$  absorbée par un moteur synchrone en régime établi répond à la formule:

$$P_{el} = \frac{3EV}{X_d} \sin\delta + \frac{3V^2}{2} \left( \frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \sin 2\delta \quad [1]$$

où :  $V$  : tension simple aux bornes de la machine,  
 $E$  : force contre-électromotrice interne,  
 $\delta$  : angle interne,  
 $X_d$  et  $X_q$  : Réactances synchrones d'axe direct et d'axe en quadrature.

Lors d'un fonctionnement synchrone permanent, où  $E$  et  $V$  sont fixés, toute variation de la puissance mécanique  $P_{mec}$  est compensée par une variation adéquate de l'angle interne  $\delta$  pour obtenir l'équilibre  $P_{el} = P_{mec}$ . Comme la puissance électrique  $P_{el}$ , présente une valeur maximale pour un angle interne  $\delta_{max}$  compris entre  $45^\circ$  et  $90^\circ$ , il en résulte que tout accroissement de la puissance mécanique  $P_{mec}$  provoquant le dépassement de l'angle  $\delta_{max}$  ne peut plus être compensé. Dans ces conditions, le moteur, ayant dépassé la limite de stabilité statique déterminée par l'angle interne  $\delta_{max}$ , perd le synchronisme par excès de puissance mécanique (voir figure n° 5).

En régime transitoire lorsque la tension  $V$  du réseau chute brusquement ou lorsque la force contre-électromotrice  $E$  varie inopinément, la formule [1] reste applicable en première approximation, en remplaçant  $E$ ,  $X_d$  et  $X_q$  par leurs valeurs transitoires.



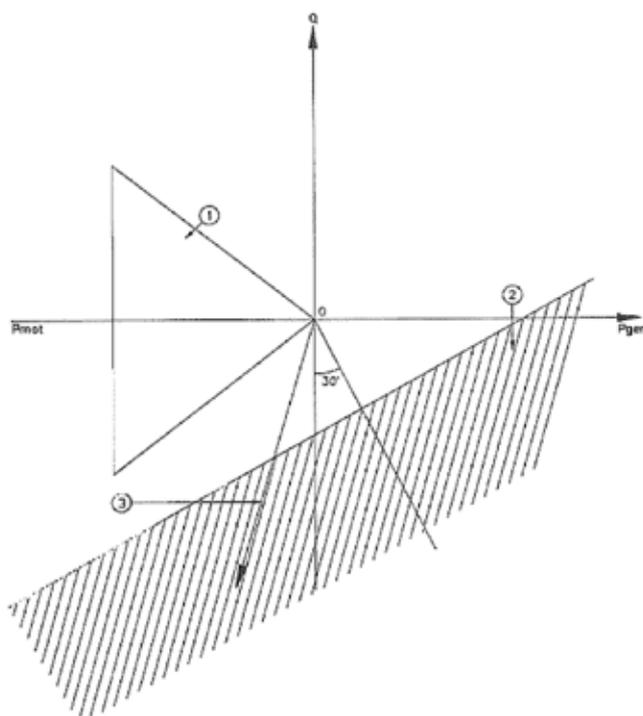
- ① Puissance électrique zone de fonctionnement stable.
- ② Puissance électrique zone de fonctionnement instable.
- ③ Puissance mécanique.

Figure 5 - Perte de synchronisme [55]  
 Limite de stabilité statique d'une machine synchrone

Les phénomènes électromécaniques résultant des variations brusques de  $V$  ou  $E$  peuvent conduire au dépassement de l'angle interne  $\delta_{max}$ , fixant la limite de stabilité dynamique. Le moteur perd alors le synchronisme par manque de puissance motrice.

Quelle que soit l'origine de la perte de synchronisme, il est observé une augmentation des courants statoriques (jusqu'à leur valeur à rotor bloqué si la machine s'arrête), un échauffement du rotor, en particulier des amortisseurs, dû aux courants de circulation à la fréquence du glissement, des surtensions importantes dans le circuit d'excitation et de fortes vibrations mécaniques. Il est donc nécessaire de déclencher la machine.

Les GMSx7002 utilisent la puissance complexe  $S = P + jQ$ , pour la protection des moteurs synchrones contre la perte de synchronisme. La caractéristique de déclenchement permet au moteur synchrone de fournir la puissance active  $P$  nécessaire pour la machine entraînée et, le cas échéant, de compenser une puissance réactive  $Q$  positive ou négative. Comme lors d'une perte de synchronisme, la puissance réactive peut osciller (mais en étant absorbée la majorité du temps), le système de temporisation des GMSx7002 intègre les passages successifs dans la zone de déclenchement.



- ① Zone de fonctionnement du moteur.
- ② Zone de déclenchement GMS 7002.
- ③ Démarrage du moteur synchrone en mode asynchrone.

Figure 6 - Perte de synchronisme [55]  
 Diagramme P-Q

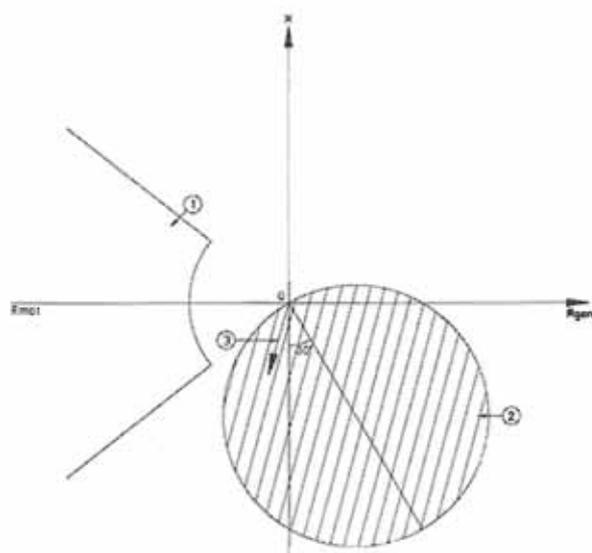
## PRINCIPES ET APPLICATIONS

### Minimum d'impédance [21] [GMSx7001]

Lors d'un court-circuit franc aux bornes d'un générateur celui-ci fournit un courant de défaut dont l'amplitude varie en fonction du temps. Aux tous premiers instants le courant, fixé par l'impédance subtransitoire  $X''_d$  (traduisant les fuites magnétiques totales entre le stator, l'inducteur et les amortisseurs), atteint une valeur importante, puis décroît selon la constante de temps  $\tau''_d$  (quelques dizaines de millisecondes). Ensuite, le courant est limité par l'impédance transitoire  $X'_d$  (traduisant principalement les fuites magnétiques entre le stator et l'inducteur) en poursuivant sa décroissance selon la constante de temps  $\tau'_d$  (plusieurs dixièmes de secondes) pour atteindre une valeur permanente fixée par l'impédance synchrone d'axe direct  $X_d$ . D'une valeur initiale de l'ordre de 5 à 10 fois le courant nominal  $I_n$ , l'amplitude du courant se stabilise à une fraction de  $I_n$ . Ces phénomènes sont plus ou moins accentués selon la proximité du défaut par rapport à la machine et le type de régulateur automatique de tension utilisé (Statique shunt, Compound, Alternateur pilote, ...).

La fonction de protection «Maximum de courant» seule n'est généralement pas adaptée puisque son seuil temporisé, réglé au-dessus du courant nominal, ne pourra pas détecter les courants de défaut permanents.

Les GMSx7001 font donc appel à une fonction «Minimum d'impédance» assurant une surveillance adéquate de la machine et de son réseau contre les défauts polyphasés puisque la grandeur «impédance» est indépendante de la valeur du courant. Afin d'obtenir la stabilité lors des défauts survenant au secondaire de blocs transformateurs (en particulier à couplage étoile-triangle), la caractéristique de fonctionnement est représentée par un cercle centré à l'origine du diagramme R-X. Deux seuils distincts de détection d'impédance (2 cercles concentriques) sont disponibles (voir figure n° 8). D'autre part, la fonction est sécurisée grâce à un seuil de courant, réglable de  $0,1 I_n$  à  $0,4 I_n$ , autorisant le déclenchement.



- ① Zone de fonctionnement du moteur.
- ② Zone de déclenchement GMS 7002.
- ③ Démarrage du moteur synchrone en mode asynchrone.

Figure 7 - Perte de synchronisme [55]  
Diagramme R-X

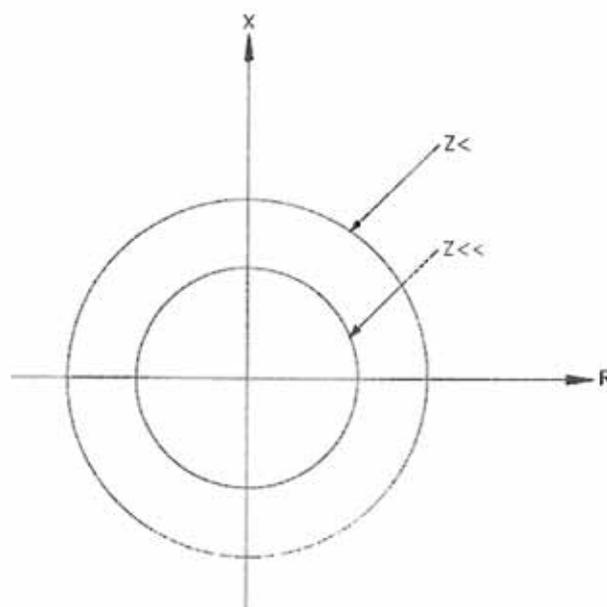


Figure 8 - Minimum d'impédance [21]  
Caractéristique de fonctionnement

## PRINCIPES ET APPLICATIONS

### Maximum de courant [51] [GMSx7001]

Cette fonction est disponible dans les GMSx7001 en complément à la fonction à «Minimum d'impédance» [21] afin d'améliorer la coordination des protections pour les défauts éloignés du générateur qui provoquent une circulation de courant initial limité à environ  $3 I_n$ . Dans ces conditions en effet, l'action des régulateurs automatiques de tension permet généralement de maintenir le courant au dessus de sa valeur nominale. Celui-ci peut donc exciter les relais à maximum de courant du réseau. La coordination avec des relais du type «temps dépendant» est alors facilement obtenue par l'utilisation d'une caractéristique de réponse temps/courant appropriée.

Dans le cas d'un groupe bloc générateur-transformateur, une application typique consiste à régler le seuil haut de la fonction «Minimum d'impédance» pour la détection des défauts situés dans la zone générateur-transformateur (en secours de la protection différentielle), et à utiliser la fonction «Maximum de courant» pour la coordination avec les protections situées en aval. Le seuil bas de la jonction «Minimum d'impédance» assure le secours ultime de toutes les autres fonctions avec une temporisation relativement longue.

### Maximum de courant [50] [GMSx7002]

Les défauts violents affectant les moteurs synchrones doivent être éliminés le plus rapidement possible. Les GMSx7002 assurent la détection et l'élimination de ces défauts à l'aide d'une fonction à maximum de courant triphasé et à temps de réponse court. Le seuil ampèremétrique doit être choisi environ 20 % au dessus du courant de court-circuit délivré par la machine pour un défaut franc à ses bornes afin d'éviter tout déclenchement intempestif lors d'un défaut survenant à l'extérieur ou lors d'un démarrage en mode asynchrone.

### Démarrage trop long / Blocage du rotor [51LR] [GMSx7002]

Nombre de moteurs synchrones sont démarrés comme des machines asynchrones soit sous pleine tension soit sous tension réduite par l'intermédiaire d'autotransformateurs ou d'impédances de limitation.

La période du démarrage se caractérise généralement par une absorption de courant supérieur au courant nominal. La supervision de la durée du démarrage et de l'amplitude du courant associé est donc nécessaire pour éviter des surchauffes nuisibles aux isolants de la machine et à la tenue mécanique du rotor.

A cet effet, les GMSx7002 sont pourvus d'une fonction «Démarrage trop long» assurée par une unité à maximum de courant triphasé et à temps extrêmement inverse [51-1 LR]. Cette unité est mise en service à l'aide d'un contact de fin de course du disjoncteur de ligne, indiquant sur l'entrée V du relais, le début du démarrage. Si celui-ci se déroule correctement, l'unité est mise hors service après une temporisation  $T_d$  réglable par l'utilisateur. Dans le cas contraire, un ordre de déclenchement est envoyé au disjoncteur.

Lorsqu'un incident mécanique, conduisant au blocage du rotor survient, la machine doit être arrêtée très rapidement car la température du rotor non ventilé atteint très vite un niveau destructif. Les GMSx7002, possèdent donc une unité triphasée à maximum de courant et à temps constant [51-2 LR] permettant le déclenchement rapide de la machine, si celle-ci absorbe un courant d'amplitude supérieure au seuil réglé.

L'unité [51-2 LR] est mise en service automatiquement à l'échéance de la temporisation de démarrage  $T_d$ .

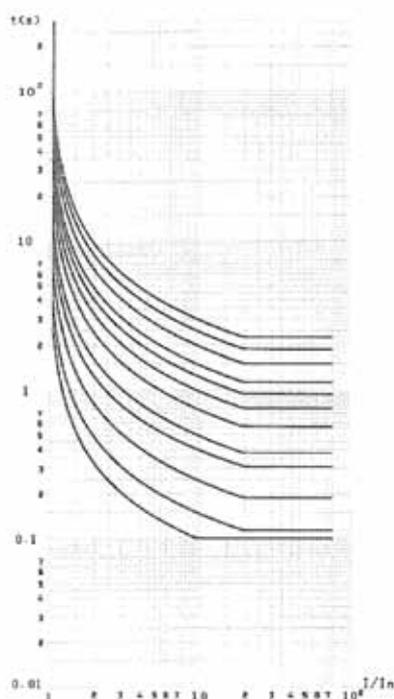


Figure 9 - Maximum de courant [51]  
Courbe à temps inverse CI 255-4

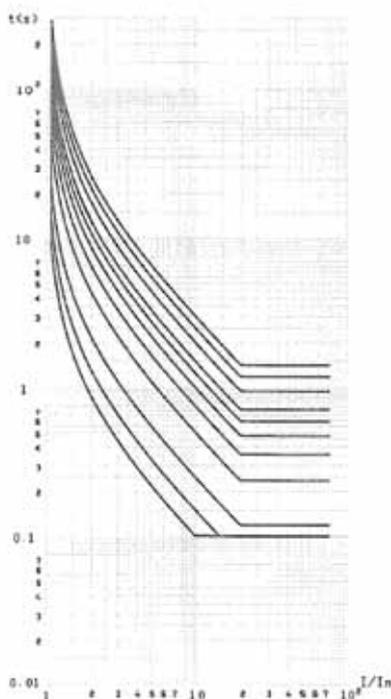


Figure 10 - Maximum de courant [51]  
Courbe à temps très inverse CI 255-4

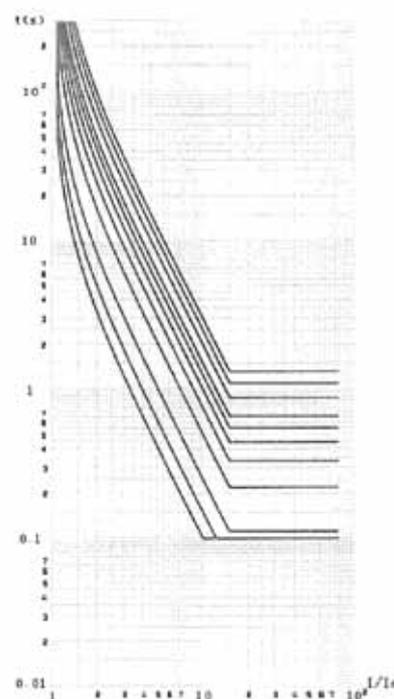


Figure 11 - Maximum de courant [51]  
Courbe à temps extrêmement inverse CI 255-4

## PRINCIPES ET APPLICATIONS

### Maximum de tension [59]

L'isolation des machines tournantes subit un vieillissement très rapide dès que l'amplitude de la tension appliquée reste supérieure à celle des conditions nominales de façon durable. La tension aux bornes des générateurs est normalement bien tenue par les régulateurs automatiques y compris lors d'un déclenchement où la surexcitation usuelle de la machine est à l'origine d'une élévation brusque de tension.

Cependant, en cas de défaillance de la régulation ou de fausses manoeuvres lors d'un fonctionnement en manuel, des surtensions importantes peuvent survenir. Ces phénomènes sont aggravés si le générateur est soumis simultanément à une survitesse (machines hydrauliques en particulier).

Les GMSx7000 sont pourvus d'une fonction «Maximum de tension» à deux seuils permettant une protection temporisée pour les surtensions d'amplitude inférieure à environ 120/130% de la tension nominale et une protection rapide pour les fortes surtensions (GMS7000 : détection triphasée; GMSH7000 et GMSV7000 : détection biphasée).

### Contrôle de flux magnétique [24]

Dans le cas des groupes blocs machine-transformateur, les GMSx7000 complètent la fonction «Maximum de tension» par un «Contrôle du flux magnétique» du transformateur. En effet, dans un transformateur moderne la réduction des pertes fer conduit à utiliser les tôles magnétiques à un niveau d'induction proche de celui de la saturation. Toute augmentation significative du flux, associée aux variations combinées de tension et de fréquence provoque, du fait de la saturation, une circulation de forts courants magnétisants à l'origine de pertes importantes.

Cette situation peut se produire aussi bien lors des montées en vitesse où la fréquence est basse qu'en fonctionnement proche des conditions nominales. Pour les raisons évoquées plus haut, elle ne peut pas subsister sans risque de vieillissement prématuré des isolants.

Les GMSx7000 supervisent donc l'image du flux magnétique  $\Phi$  en élaborant le rapport  $U/f$  pour protéger les générateurs et les transformateurs contre ce type de défaut.

### Minimum de tension [27]

Les GMSx7000 comportent une fonction « Minimum de tension» souvent utilisée pour les automatismes de démarrage/synchronisation ou en secours des autres protections après une temporisation longue. (GMS7000 : détection triphasée; GMSH7000 et GMSV7000 : détection biphasée).

### Maximum et minimum de fréquence [81]

Le fonctionnement prolongé d'un générateur en dessous de la fréquence nominale correspond en général à une marche ilôtée de la machine, délivrant localement sa puissance nominale à une charge. Dans ces circonstances, les ailettes des turbines sont soumises à un phénomène de fatigue pouvant conduire à des ruptures mécaniques.

De même lors du déclenchement d'un générateur, la vitesse de la machine d'entraînement, brusquement délestée, augmente. Des dispositifs mécaniques sont normalement prévus pour la protection contre les survitesses. Cette fonction est souvent accompagnée, du côté générateur, par un seuil à maximum de fréquence.

Les GMSx7000 complètent les protections mécaniques par une fonction à 2 seuils en fréquence, paramétrables en «Maximum» ou «Minimum» au choix de l'utilisateur.

### Retour de puissance active [32-1] [GMSx7001]

Le retour de puissance active est caractéristique du fonctionnement inversé du générateur en moteur synchrone fournissant tout ou partie des pertes mécaniques de la ligne d'arbre. Les turbines à vapeur sont alors soumises à des températures élevées et les turbines hydrauliques à un phénomène de cavitation.

Lorsque les pertes mécaniques sont fournies en totalité par le «générateur-moteur synchrone», elles sont, dans le cas des turbines, de l'ordre de quelques pourcents de la puissance nominale. Si ces pertes sont partagées entre le moteur synchrone et la turbine, la puissance électrique active absorbée devient très faible. Il est donc nécessaire d'utiliser une fonction de détection sensible et précise.

Les GMSx7001 assurent la protection des machines d'entraînement grâce à une fonction «Retour de puissance active» élaborée par sommation des 3 puissances monophasées pour le GMS7001 et par la méthode des 2 wattmètres pour les GMSH7001 et GMSV7001. Lors du fonctionnement en moteur, la machine continue généralement à fournir au réseau une puissance réactive dont l'amplitude est beaucoup plus forte que celle de la puissance active, ce qui peut compromettre la précision de la mesure et donc, sa directionnalité.

Les GMSx7001 conservent leur stabilité directionnelle par une correction de leur seuil en présence d'un fort niveau de puissance réactive.

### Maximum ou minimum de puissance active [32-2]

Les GMSx7000 permettent d'envoyer une alarme à l'opérateur ou de contribuer à certains automatismes sur dépassement d'un seuil de puissance active fournie. La fonction est paramétrable par l'utilisateur comme «Maximum de puissance» ou «Minimum de puissance».

### Maximum de tension homopolaire [59G]

Les machines synchrones connectées sur les réseaux à neutre isolé ou possédant un transformateur de point neutre chargé sur forte résistance, sont susceptibles de fonctionner de manière prolongée alors qu'un défaut affecte soit leur stator soit le réseau électrique. Ce mode de fonctionnement doit être signalé pour que l'opérateur prenne les dispositions nécessaires et prévienne l'arrêt éventuel de la machine avant qu'un second défaut sur l'une des phases restées saines, ne provoque la circulation d'un courant de forte amplitude dans les tôles statoriques.

Le GMS7000 élabore la tension homopolaire par sommation des 3 tensions simples fournies par les transformateurs de tension connectés aux bornes de la machine.

Le GMSV7000 possède une entrée spécialisée qui est destinée à être alimentée par la tension homopolaire fournie par le transformateur de point neutre.

La fonction «Maximum de tension homopolaire» assurée par ces relais est pourvue de 2 seuils distincts qui peuvent être utilisés en alarme et déclenchement. Un filtrage numérique permet d'éliminer l'influence des tensions d'harmonique 3.

## PRINCIPES ET APPLICATIONS

### Maximum de courant homopolaire [64]

Lorsqu'un réseau est mis à la terre, la détection et la coupure rapide des défauts monophasés sont généralement requises, pour assurer la sécurité du personnel et limiter les dégâts matériels. Cette protection est usuellement confiée à des relais spécialisés à maximum de courant homopolaire.

Les machines synchrones peuvent contribuer à la fourniture du courant de défaut à la terre et/ou être affectées elles-mêmes par le défaut. Si celui-ci survient à l'extérieur de la machine, celle-ci supporte ce régime relativement longtemps dans les limites de ses tenues thermique et mécanique. Par contre, si le défaut se situe dans le stator, il doit être détecté et éliminé dès que son amplitude dépasse quelques ampères afin d'éviter un arrêt prolongé de la machine suite à l'incident.

Les GMSH7000 protègent les machines synchrones contre les défauts monophasés par une fonction «Maximum de courant homopolaire». Dans la version d'alimentation par TC tore, les GMSH7000 détectent des courants de défaut de 1 A, en restant insensibles à l'influence des courants d'harmonique 3 grâce à un filtrage numérique.

Les différents modes de mise à la terre des machines et du réseau conduisent à de nombreux cas d'application du GMSH7000 (alimentation par TC tore, par connexion résiduelle de 3 TC, par TC de point neutre, ...). Dans le cas de la connexion résiduelle de 3 TC, la sensibilité requise pour la protection peut compromettre la stabilité de celle-ci en raison de la saturation précoce des TC lors des périodes transitoires telles qu'un démarrage. L'utilisation d'une résistance de stabilisation peut être rendue nécessaire (nous consulter).

## AVANTAGES PRINCIPAUX

Les boîtiers GMSx7000 présentent les 3 séries d'avantages principaux suivants :

### Fiabilité et disponibilité

La conception et la construction des équipements respectent les normes de fiabilité et de sécurité utilisées par CEE pour la fabrication des relais de protection statiques classiques :

- Conformité aux recommandations et normes CEI 255 ;
- Détrompage mécanique des boîtiers ;
- Déverminage et contrôle unitaire de certains composants ;
- Dimensionnement des composants aussi bien pour la tenue thermique de courte durée que pour la tenue aux surtensions, etc. ;
- Tenue aux environnements sévères : chaleur humide (40°C, 56 jours), 93 % d'humidité relative.

En complément à ces dispositions constructives de base, les équipements GMSx7000 sont pourvus d'un système d'autosurveillance, qui, allié à la faculté de débrogage du boîtier, permet d'optimiser leur disponibilité.

Le système d'autosurveillance agit selon trois niveaux :

- Détection de perte de tension auxiliaire ;
- Détection de défaillance microprocesseur par chien de garde ;
- Détection de panne d'un périphérique du microprocesseur (RAM, E.E.P.R.O.M., etc, ...) et de continuité des bobinages des unités de sortie par exécution de programmes de microdiagnostics.

L'utilisateur est averti du fonctionnement du système d'autosurveillance par la fermeture d'un contact sec sorti sur bornes e/ou, le cas échéant, par l'interruption de la communication numérique.

### Puissance et flexibilité de la communication

Les GMSx7000 communiquent avec le monde extérieur selon 3 voies principales :

#### • Communication locale

Le dialogue équipement/utilisateur est assuré par l'intermédiaire d'un clavier monté sur l'appareil, qui permet le paramétrage ou la lecture de toutes les grandeurs enregistrées, élaborées ou mesurées par les GMSx7000. L'utilisateur dispose également d'une liaison série pour la connexion d'un PC et faciliter le dialogue local grâce au programme « PROSETTING», vendu séparément (nous consulter).

Les GMSx7000 sont paramétrables selon deux jeux complets de paramètres ou réglages.

L'utilisateur effectue la sélection du jeu de paramètres à utiliser par la liaison série. Un mot de passe autorise le changement des paramètres ou des réglages.

Un afficheur électroluminescent, d'excellente lisibilité, permet la lecture des grandeurs électriques en valeurs primaires réelles.

Les dépassements de seuil ou déclenchements sont signalés par des diodes électroluminescentes (DEL) respectivement orange et rouge, ainsi que par l'afficheur qui indique :

- en cas d'alarme, la liste de(s) la fonction(s) l'ayant provoquée et l'évolution de sa valeur(s).
- en cas de déclenchement, la fonction l'ayant provoqué et sa valeur.

Les 5 derniers événements élémentaires de chaque type : démarrage d'une fonction, alarme, ou déclenchement, sont consultables à l'aide de la touche ST/AL.

#### • Communication par voies numériques

Le boîtier GMSx7000 est équipé de 2 voies de communication numériques série du type RS-232-C / DB9 ou boucle de courant (0-20 mA).

## AVANTAGES PRINCIPAUX

La prise RS-232-C/DB9 montée en face avant du boîtier permet la connexion directe du boîtier à un micro-ordinateur de type PC soit selon un mode terminal pour une consultation locale sans interruption de la communication sur la voie boucle de courant, soit selon un mode utilisant un protocole d'échange tel que J-Bus ou autre (nous consulter).

Les prises boucle de courant (0-20 mA) permettent l'insertion du boîtier dans un réseau de communication géré par un P.C. ou un autre équipement (nous consulter).

Toutes les informations disponibles localement, mesures, alarmes ou paramètres, sont susceptibles d'être transmises à distance.

Lors d'un événement tel qu'un fonctionnement du relais ou un ordre de la communication, les valeurs des tensions et courants, calculées sur environ 3,5 secondes avant événement et 1 seconde après, sont mises à disposition du système centralisateur. Il en est de même pour les 22 événements élémentaires (démarrages de fonction, alarmes, déclenchements) enregistrés par les GMSx7000.

La sélection du jeu de paramètres ou réglages que le relais doit utiliser peut être effectuée par la communication.

Utilisés dans le système PROSATIN, les GMSx7000 permettent l'horodatation à 10 ms des changements de paramètres et réglages, du passage des seuils, des alarmes, des déclenchements et des 2 entrées tout ou rien. Au total, la capacité de mémorisation des GMSx7000 permet un enregistrement de ces 22 événements sur 32 dates distinctes.

- **Communication par voies tout ou rien**

- **Entrées**

Les GMSx7000 sont pourvus de 2 entrées logiques à contact isolées galvaniquement qui permettent la mise hors service temporaire de certaines fonctions au choix de l'utilisateur pendant toute la durée de présence du contact d'entrée (périodes de démarrage du générateur, etc.).

- **Sorties**

Les GMSx7000 sont équipés de 6 unités électromagnétiques de sortie assurant les fonctions d'autosurveillance, d'alarme et signalisation, ou de déclenchement :

- Autosurveillance : par contact sec du dispositif «chien de garde» (unité W).
- Alarme et signalisation : par fonctionnement des unités «D» ou «E» indiquant le dépassement d'un seuil.
- Déclenchement : trois unités de sortie «A», «B» et «C» à fort pouvoir de fermeture permettent la commande des appareils de puissance (disjoncteur de ligne, disjoncteur d'excitation et déclenchement machine d'entraînement).

L'attribution des fonctions sur chacune des unités A, B, C, D, E est entièrement programmable de façon matricielle par l'utilisateur.

### Adaptabilité et autonomie

Grâce à leur présentation en boîtiers métalliques, modulaires et débroschables de type R, les équipements GMSx7000 sont susceptibles d'être utilisés indifféremment :

- en modules indépendants,
- en modules intégrés dans un panier rack comportant des relais statiques classiques de la série 7000,
- en modules intégrés dans un panier rack élément de l'architecture PROCOM/PROSATIN.

Cette présentation flexible permet d'adapter l'utilisation des GMSx7000 aux besoins techniques et économiques réels des utilisateurs, en offrant, par exemple, la possibilité d'une insertion dans une installation déjà existante.

Ce caractère autonome et adaptable des GMSx7000 est renforcé par la faculté de les connecter sans dispositions spéciales, sur une source de tension auxiliaire continue ou alternative variant dans une large gamme d'amplitude (48 V → 250 V ou 24 → 70 V).

## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

### 1. Grandeurs d'entrée et de sortie

#### Tension

tension nominale simple

Vn : 100/√3 ou 110/√3 V

tension nominale composée

Un : 100 ou 110 V

- affichage :

paramétrage de la tension nominale

Vn ou Un : Réglable de 0,10 kV à 100 kV (pas de 10 V)

domaine de mesure

0 à 150 kV

résolution sur l'affichage

valeur primaire : 10 V de 0,1 kV à 10 kV, 100 V au-delà

valeur réduite : 1 %

indice de classe de précision

1

- surcharges :

2 Vn permanent (GMS) / 1,3 Un permanent (GMSH, GMSV)

- consommation :

< 0,2 VA à Un

## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

### Courant

courant nominal	$I_n$ : 1 A ou 5 A
• affichage :	
paramétrage du courant nominal	$I_n$ : réglable de 10 A à 10 kA (pas de 1 A)
domaine de mesure	0 à 200 kA
résolution	valeur primaire : 1 A de 10 A à 1 kA, 10 A au-delà valeur réduite : 1 %
indice de classe de précision	1
• surcharges :	permanente : $2 I_n$ - courte durée : $80 I_n / 1$ s (phases) courte durée : $40 I_n / 1$ s (terre sur TC)
• consommation :	$< 0,2 VA$ à $I_n$

### Fréquence

fréquence nominale	$f_n$
• affichage :	
paramétrage de la fréquence nominale	$f_n$ : 50 Hz ou 60 Hz
domaine de mesure	8 à 70 Hz
résolution	0,01 Hz
précision	0,05 Hz

### Puissance

puissance apparente nominale	$S_n = 3 V_n I_n = \sqrt{3} U_n I_n$
puissance active nominale	$P_n$
• affichage :	
domaine de mesure	$P_n$ : 1 kW à 100 MW
résolution	valeur primaire : 0,1 kW de 1 kW à 1 MW 1 kW de 1 MW à 10 MW 10 kW de 10 MW à 100 MW
indice de classe de précision	valeur réduite : 1 % de $S_n$ 2

### Impédance

impédance nominale	$Z_n = V_n / I_n$
• affichage :	
domaine de mesure	0,01 à 100 $\Omega$
résolution	valeur primaire: 0,01 $\Omega$ valeur réduite : 1 % de $Z_n$
indice de classe de précision	2

### Flux (U/F)

flux nominal	$U_n / f_n$
• affichage :	
domaine de mesure	$0,1 U_n / f_n$ à $2 U_n / f_n$
résolution sur l'affichage	valeur réduite : 1 %
indice de classe de précision	1

### Etat thermique

état thermique nominal	$\theta_n$ correspondant à un courant permanent $I_n$
• affichage :	
domaine de mesure	0 à 130 %
résolution sur l'affichage	1 %
indice de classe de précision	1

# CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

## Tension auxiliaire

consommation

24 - 70 Vcc ou Vca - 50 / 60 Hz  
 48 - 250 Vcc ou Vca - 50 / 60 Hz  
 environ 10 W - CC  
 environ 13 VA - CA

## Contacts de sortie

• unité A, unité B, unité C		2 NO
• unité D, unité E		1 NO
• unité W (relais «chien de garde»)		1 NF
• tension maximale	(D, E et W)	250 V
	(A, B et C)	600 V
• courant continu maximal	(D, E et W)	2,5 A
	(A, B et C)	5 A
• pouvoir de fermeture 0,2 s	(D, E et W)	5 A
	(A, B et C)	10 A
• pouvoir de coupure		
• CC (L/R = 40 ms)	(D, E et W)	25 W (0,5 A / 48 Vcc - 0,25 A / 110 Vcc)
	(A, B et C)	50 W (1 A / 48 Vcc - 0,5 A / 110 Vcc)
• CA (cosφ = 0,4)	(D, E et W)	625 VA ; I < 1,5 A
	(A, B et C)	1250 VA ; I < 3 A
• État du «chien de garde»		Relais excité en état de veille (contact ouvert), désexcité en cas d'anomalie (contact fermé)
• Signalisation et affichage		Unité d'affichage à 16 digits/DEL, permettant la visualisation des mesures, paramètres ainsi que la différenciation des défauts

## 2. Protections

### 2.1 - Protection thermique [49-1] / [49-2]

#### • Fonctions

protection contre les suréchauffements  
 1 seuil d'alarme  
 1 seuil de déclenchement

code ANSI : [49-1]  
 code ANSI : [49-2]

#### • Grandeur caractéristique

Courant thermique de base

état thermique q (restitué à partir du courant base Ib calculé à partir des composantes symétriques  $I_{Pos}$  et  $I_{Neg}$  sur les 3 courants); obtention de l'image thermique par lissage exponentiel

$$I = \sqrt{(I_{Pos}^2 + K^2 I_{Neg}^2)}$$

$I_{Pos}$  : courant direct,  $I_{Neg}$  : courant inverse

$K^2$  : constante de pondération de l'effet thermique du courant inverse

#### • Logique de fonctionnement

Fonctionnement lorsque l'état thermique q dépasse un seuil à maximum

#### • Réglages ampèremétriques

- ajustement du thermique lth>  
 - seuil d'alarme thermique ltha  
 - constante de pondération k<sup>2</sup>

0,5 à 1,2 In (pas de 0,05)

0,8 à 1 fois l'état thermique q (pas de 0,05)

4 à 16 (pas de 2)

#### • Valeur de fonctionnement

fixe et égale à 1,07 fois le seuil affiché (correspond à un état thermique de 114 %)

#### • Réglage temporisation

- constante de temps τ

4 à 240 minutes (pas de 1 minute)

#### • Pourcentage de dégagement sur les seuils

environ 95 %

#### • Précision

- relative aux seuils  
 - relative aux temps

5 % de la valeur du seuil avec 5 % de In minimum

10 % pour Ib = 2 fois le courant de réglage

5 % pour Ib = 6 fois le courant de réglage

## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- **Courbes de fonctionnement selon CEI 255-8**

$$t(s) = \tau \ln \frac{(I/I_{th>})^2 - (I_p/I_{th>})^2}{(I/I_{th>})^2 - (1,07)^2}$$

$\tau$  = constante de temps exprimée en minutes

I = courant thermique équivalent

I<sub>th></sub> = coefficient d'ajustement du thermique en fonction du nominal des TC

I<sub>p</sub> = courant de précharge

1,07 = seuil asymptotique de déclenchement

ln = logarithme népérien

### 2.2 - Maximum de courant inverse [46-1] / [46-2]

- **Fonctions**

protection contre les déséquilibres

1 seuil d'alarme I<sub>Neg></sub>

1 seuil de déclenchement I<sub>Neg>></sub>

code ANSI : [46-1]

code ANSI : [46-2]

- **Grandeur caractéristique**

courant inverse I<sub>Neg</sub>

- **Logique de fonctionnement**

Fonctionnement lorsque le courant inverse dépasse un seuil à maximum

- **Réglages ampèremétriques**

- seuil bas d'alarme I<sub>Neg></sub>

- seuil haut I<sub>Neg>></sub>

3 à 20 % de I<sub>n</sub> (pas de 1 % de I<sub>n</sub>)

4 à 40 % de I<sub>n</sub> (pas de 1 % de I<sub>n</sub>)

- **Valeur de fonctionnement**

100 % du seuil réglé

- **Réglages temporisations**

- temps indépendant seuil d'alarme t(I<sub>Neg></sub>)

- constante C t(I<sub>Neg>></sub>)

0,1 s fixe ou ajustable de 1 à 10 s (pas de 1 s)

8 à 40 s (pas de 1 s)

- **Pourcentage de dégagement sur les 2 seuils**

environ 95 %

- **Précision**

- relative au seuil

- relative aux temporisations

Temps indépendant

Temps dépendant

5 % du seuil ou 1 % de I<sub>n</sub>

5 % de la temporisation 1 à 10 s, ±30 ms pour la temporisation fixe 0,1 s

5 % à 0,5 I<sub>n</sub>

- **Courbe de fonctionnement t(I<sub>Neg>></sub>)**

$$(I_{Neg}/I_n)^2 t = C$$

C : constante en secondes

### 2.3 - Perte d'excitation [40] [GMSx7001]

- **Fonctions**

protection contre la perte d'excitation

1 seuil de déclenchement Y<

code ANSI : [40]

- **Grandeur caractéristique**

impédance Z (à partir de U = V1-V2 et I = I1-I2)

- **Logique de fonctionnement**

fonctionnement lorsque l'impédance apparente représentée dans le diagramme R-X entre dans un cercle centré sur l'axe des X au point (0,5 X1 + X2) et de diamètre X1.

Blocage pour U < 16 % U<sub>n</sub>.

- **Réglage d'impédance**

- décalage X2

- diamètre X1

8 % à 40 % de Z<sub>n</sub> (pas de 1 % de Z<sub>n</sub>)

50 % à 300 % de Z<sub>n</sub> (pas de 5 % de Z<sub>n</sub>)

- **Valeur de fonctionnement**

100 % du seuil réglé

- **Réglage temporisation t (Y<)**

0,1 s à 10 s (pas de 0,01 s)

- **Précision**

- relative au seuil

- relative à la temporisation

5 % du seuil ou 3 % de Z<sub>n</sub>

5 % de la temporisation ou ± 30 ms

# CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

## 2.4 - Perte de synchronisme [55] [GMSx7002]

- **Fonctions**  
protection contre la perte de synchronisme  
- 1 seuil SY> code ANSI : [55]
- **Grandeur caractéristique**  
méthode de mesure  
puissance complexe S  
- à partir des 3 tensions simples (GMS7002)  
- à partir de 2 tensions composées (GMSH / GMSx7002)
- **Logique de fonctionnement**  
fonctionnement lorsque la puissance complexe S se situe dans une région déterminée par une droite dans le plan P-Q selon la figure 6.
- **Réglage en puissance complexe**  
- seuil SY> 20 % à 80 % de Sn (pas de 0,05 Sn)
- **Réglage temporisation**  
- temporisation de déclenchement t (SY>)  
- constante de temps de remise à zéro de l'unité (sortie de la zone de fonctionnement) 0,1 - 10 s (pas de 0,01 s) (affichage) + 0,1 s fixe  
10 t (SY>)
- **Pourcentage de dégagement sur seuil SY>**  
environ 50 %
- **Précision**  
- relative au seuil 1 % Sn (vecteur S perpendiculaire à la droite de fonctionnement)  
- relative à la temporisation 5 % de la temporisation ou ± 30 ms

## 2.5 - Minimum d'impédance [21-1] / [21-2]

- **Fonctions**  
protection contre les défauts polyphasés  
1 seuil Z<  
1 seuil Z<< code ANSI : [21 -1]  
code ANSI : [21 -2]
- **Grandeur caractéristique**  
impédance apparente  
 $Z1 = (V1-V2)/(I1-I2)$ ,  $Z2 = (V2-V3)/(I2-I3)$ ,  $Z3 = (V3-V1)/(I3-I1)$
- **Logique de fonctionnement**  
fonctionnement lorsque l'impédance devient inférieure à un seuil minimum à condition que le courant soit lui-même supérieur à un seuil donné.  
(fonction «OU» entre les 3 impédances Z1, Z2 et Z3 pour le GMS7001 ou les 2 impédances Z1 et Z2 pour les GMSH7001 et GMSV7001)
- **Réglage d'impédance**  
- seuil Z<  
- seuil Z<< 40 % à 200 % de Zn (pas de 0,05 Zn)  
10 % à 50 % de Zn (pas de 0,05 Zn)
- **Valeur de fonctionnement**  
100 % du seuil réglé
- **Pourcentage de dégagement sur les seuils**  
environ 105 %
- **Réglage temporisation**  
- t (Z<)  
- t (Z<<) 0,1 à 100 s (pas de 0,1 s)  
0,1 à 100 s (pas de 0,1 s)
- **Précision**  
- relative aux seuils 5 % du seuil ou 3 % de Zn  
- relative à la temporisation 5 % de la temporisation ou ± 30 ms

## Unité à maximum intensité

- **Fonction**  
autorisation de déclenchement  
1 seuil I(Z<)

## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- **Réglage ampèremétrique** 10 % à 40 % de  $I_n$  (pas de 0,05  $I_n$ )
- 2.6 - Maximum de courant [51-1] / [51-2] / [50]**  
**2.6.1 - Maximum de courant [51-1] / [51-2] [GMSx7001]**
- **Fonctions**  
 protection de secours contre les défauts polyphasés  
 1 seuil bas  $I>$  code ANSI : [51-1]  
 1 seuil haut  $I>>$  code ANSI : [51-2]
  - **Grandeur caractéristique**  
 courant de phase
  - **Logique de fonctionnement**  
 fonctionnement lorsque l'un des 3 courants de phase dépasse un seuil à maximum. Réponse à temps dépendant ou à temps dépendant selon paramétrage.
  - **Réglages ampèremétriques**  
 seuil bas  $I>$  0,5 à 2  $I_n$  (pas de 0,1  $I_n$ )  
 seuil haut  $I>>$  1 à 10  $I_n$  (pas de 0,25  $I_n$ )
  - **Valeur de fonctionnement**  
 seuil bas  $I>$  100 % du seuil réglé (courbe à temps indépendant)  
 110 % du seuil réglé (courbe à temps dépendant)  
 seuil haut  $I>>$  100 % du seuil réglé
  - **Pourcentage de dégagement sur les seuils**  
 environ 95 %
  - **Réglage des temporisations**  
 seuil bas  $t(I>)$   
 - temps indépendant 0,1 s à 100 s (pas de 0,1 s)  
 - temps dépendant 0,1 s à 3 s à 10  $I>$  (pas de 0,05 s à 10  $I>$ )  
 seuil haut  $t(I>>)$   
 - temps indépendant 0,1 s à 10 s (pas de 0,01 s)
  - **Précision**  
 relative aux seuils 5 % de la valeur du seuil ou  $\pm 30$  ms  
 relatives aux temporisations  
 - temps indépendant 5 % de la temporisation  
 - temps dépendant 5 % de la temporisation ou  $\pm 30$  ms (7,5 % courbe extrêmement inverse) à 10  $I>$
  - **Courbes de fonctionnement selon CEI 255-4**  
 Caractéristiques du seuil bas  $t(I>)$   
 temps indépendant ou temps dépendant : inverse, très inverse, extrêmement inverse  

$$t(s) = \frac{T}{(I/I>)^{\alpha} - 1} * \text{Réglage } t(I>)$$

T = 0,046	$\alpha = 0,02$	courbe 2 Inverse (I)
T = 9	$\alpha = 1$	courbe 3 Très inverse (VI)
T = 100	$\alpha = 2$	courbe 4 Extrêmement inverse (EI)

### 2.6.2 - Maximum de courant [50] [GMSx7002]

- **Fonctions**  
 protection contre les défauts polyphasés  
 1 seuil  $I>>$  code ANSI : [50]
- **Grandeur caractéristique**  
 courant de phase
- **Logique de fonctionnement**  
 fonctionnement lorsque l'un des 3 courants de phase dépasse 1 seuil maximum. Réponse à temps indépendant.

## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- **Réglage ampèremétrique**  
seuil I>> 2 à 12 In (pas de 0,25 In)
- **Valeur de fonctionnement**  
seuil I>> 100 % du seuil réglé
- **Pourcentage de dégagement**  
temporisation environ 95 %  
t(I>>) environ 0,1 s fixe
- **Précision**
  - relative aux seuils I>> 5 % de la valeur du seuil
  - relative à la temporisation t(I>>) 5 % de la temporisation ou ± 30 ms

### 2.7 - Démarrages trop longs [51-1 LR] / Blocage rotor [51-2 LR][GMSx7002]

- **Fonctions**  
Protection contre les démarrages trop longs et les blocages du rotor
  - 1 seuil ISR> (démarrages trop longs) code ANSI : [51-1 LR]
  - 1 seuil ILR (blocage du rotor) code ANSI : [51-2 LR]
- **Grandeur caractéristique**  
courant de phase
- **Logique de fonctionnement**
  - ISR> : [51-1 LR] Fonctionnement lorsque l'un des 3 courants de phase dépasse 1 seuil à maximum. Réponse à temps extrêmement inverse. Mise en service par contact extérieur sur entrée V. Mise hors service automatique après temporisation réglable Td
  - ILR> : [51-2 LR] Fonctionnement lorsque l'un des 3 courants de phase dépasse 1 seuil à maximum. Réponse à temps indépendant. Mise en service automatique après la temporisation réglable Td
- **Réglages ampèremétriques**
  - seuil ISR> 0,5 - 2 In (pas de 0,1 In)
  - seuil ILR > 2 - 10 In (pas de 0,25 In)
- **Valeur de fonctionnement**
  - seuil ISR> 110 % du seuil réglé
  - seuil ILR > 100 % du seuil réglé
- **Pourcentage de dégagement sur les seuils**  
environ 95 %
- **Réglages des temporisations**
  - seuil t(ISR>) 0,1 à 3 s à 10 ISR> (pas de 0,05 s à 10 ISR>)
  - seuil t(ILR>) 1 à 5 s (pas de 0,1 s)
  - Td (temporisation d'autorisation de fonctionnement de ISR> et de mise en service automatique de ILR> démarrage par contact sur entrée V) 2 à 400 s (pas de 1 s)
- **Précision**
  - relative aux seuils 5 % de la valeur du seuil
  - relative aux temporisations
  - t(ILR>) et Td 5 % de la temporisation ou ± 30 ms
  - t(ISR>) 7,5 % à 10 ISR> ou ± 30 ms
- **Courbes de fonctionnement selon CEI 255-4**
  - t(ISR>) temps extrêmement inverse (EI)
$$t(s) = \frac{100}{(I/ISR>)^2 - 1} \times \text{réglage } t(ISR>)$$

## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

### 2.8 - Maximum de tension [59-1] / [59-2]

- **Fonctions**

Protection contre les surtensions

1 seuil U>

1 seuil U>>

code ANSI : [59-1]

code ANSI : [59-2]

- **Grandeur caractéristique**

amplitude de la tension

- **Logique de fonctionnement**

fonctionnement lorsque la tension simple ou composée dépasse un seuil maximum. Fonction logique «OU» entre 3 phases (GMS7000) ou 2 phases (GMSH7000 / GMSV7000)

- **Réglages voltmétriques**

- seuil U>

- seuil t U>>

70 % Un à 150 % Un (pas de 1 % Un)

70% Un à 150 % Un (pas de 1 % Un)

- **Valeur de fonctionnement**

100 % du seuil réglé

- **Écart de retour**

environ 2 % de Un

- **Réglages temporisations**

- seuil bas t(U>)

- seuil haut t(U>>)

0,1 s à 10 s (pas de 0,01 s)

0,1 s fixe

- **Précision**

- relative aux seuils

- relative aux temporisations

1 % de Un

5 % de la temporisation ou ±30 ms

### 2.9 - Contrôle de flux magnétique [24]

- **Fonctions**

Protection contre l'élévation du flux magnétique

1 seuil

Code ANSI : [24]

- **Grandeur caractéristique**

U/f (calculée à partir de V2 - V3)

- **Logique de fonctionnement**

fonctionnement lorsque le flux magnétique dépasse un seuil maximum

- **Plage de fonctionnement en fréquence**

8 Hz - 70 Hz

- **Réglages du seuil**

50 % à 150 % de Un/fn (par pas de 0,05 Un/fn)

- **Valeur de fonctionnement**

100 % du seuil réglé

- **Pourcentage de dégagement sur le seuil**

environ 95 %

- **Réglage temporisation**

- t(U/f>)

0,2 à 10 s (pas de 0,01 s)

- **Précision**

- relative au seuil

- relative à la temporisation

1,5 % de Un/fn

5 % de la temporisation ou ±30 ms

### 2.10 - Minimum de tension [27]

- **Fonctions**

Protection contre les baisses de tension

1 seuil U<

code ANSI : [27]

- **Grandeur caractéristique**

amplitude de la tension simple ou de la tension composée au choix

## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- **Logique de fonctionnement**
  - GMS7000
  - GMSH7000 / GMSV7000fonctionnement lorsque la tension dépasse un seuil minimum.  
tension simple ou composée (paramétrable) - 3 phases  
tension composée - 2 phases  
fonction logique «OU» ou «ET» sur les phases surveillées.
- **Réglage en tension**
  - seuil  $U <$20 % à 120 %  $U_n$  (pas de 1 % de  $U_n$ )
- **Valeur de fonctionnement**  
100 % du seuil réglé
- **Écart de retour**  
2 % de  $U_n$
- **Réglage temporisation**
  - $t(U <)$0,1 s à 10 s (pas de 0,01 s)
- **Précision**
  - relative au seuil
  - relative à la temporisation1 % de  $U_n$   
5 % de la temporisation ou  $\pm 30$  ms

### 2.11 - Maximum et minimum de fréquence [81-1 / 81-2]

- **Fonctions**  
Protection contre les fréquences anormales de fonctionnement
  - 1 seuil  $f_1$  (paramétrable  $f_1 <$  ou  $f_1 >$ )
  - 1 seuil  $f_2$  (paramétrable  $f_2 <$  ou  $f_2 >$ )code ANSI : [81-1]  
code ANSI : [81-2]
- **Grandeur caractéristique**  
fréquence des tensions V2 et V3 (GMS7000), et U12 et U23 (GMSH7000 / GMSV7000)
- **Logique de fonctionnement**  
fonctionnement lorsque la fréquence dépasse un seuil à maximum ou minimum (selon paramétrage).  
Blocage de fonctionnement pour  $U <$  à 5 %  $U_n$ .
- **Domaine de fonctionnement en fréquence**  
8 Hz à 70 Hz
- **Réglages en fréquence**
  - fréquence nominale
  - $f_1$  et  $f_2$50 ou 60 Hz paramétrable  
44 Hz à 56 Hz pas de 0,05 Hz pour  $f_n = 50$  Hz  
54 Hz à 66 Hz pas de 0,05 Hz pour  $f_n = 60$  Hz
- **Valeur de fonctionnement**  
100 % du seuil réglé
- **Pourcentage de dégagement sur les seuils**
  - réglageparamétrable indépendamment sur  $f_1$  et  $f_2$   
0,2 à 0,4 Hz (pas de 0,05 Hz)
- **Réglages des temporisations**
  - $t(f_1)$
  - $t(f_2)$0,2 s à 10 s (pas de 0,01 s)  
0,2 s à 10 s (pas de 0,01 s)
- **Précision**
  - relative aux seuils
  - relative aux temporisations $< 0,05$  Hz  
5 % de la temporisation ou  $\pm 30$  ms

### 2.12 - Retour de puissance active [32-1] [GMSx7001]

- **Fonctions**  
Protection contre le fonctionnement en moteur  
1 seuil  $RP >$   
code ANSI : [32-1]
- **Grandeur caractéristique**  
Méthode de mesure  
Puissance active
  - à partir des 3 tensions simples (GMS7001)
  - à partir de 2 tensions composées (GMSH7001 / GMSV7001) (méthode des 2 wattmètres)

## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- **Logique de fonctionnement** fonctionnement lorsque la puissance active absorbée dépasse un seuil maximum
- **Réglage en puissance** 1 % à 20 % de  $S_n$  (pas de 0,5 %)
- **Pourcentage de dégagement sur le seuil** environ 95 %
- **Réglage temporisation**
  - $t(RP>)$  0,2 s à 100 s (pas de 0,01 s)
- **Précision**
  - relative au seuil 0,5 % de  $S_n$
  - relative à la temporisation 5 % de la temporisation ou  $\pm 30$  ms
- **Stabilité directionnelle** garantie pour  $Q < Q_n$  et  $V > 20 \% U_n$  et  $f_n - 10 \text{ Hz} < f < f_n + 10 \text{ Hz}$

### 2.13 - Maximum et minimum de puissance active [32-2]

- **Fonctions**

Protection contre les dépassements de puissance active  
1 seuil (paramétrable  $P>$  ou  $P<$ )

Code ANSI : [32-2]
- **Grandeur caractéristique**

Méthode de mesure

Puissance active
  - à partir des 3 tensions simples (GMS7000)
  - à partir de 2 tensions composées (GMSH7000 / GMSV7000) (méthode des 2 wattmètres)
- **Logique de fonctionnement** fonctionnement lorsque la puissance active fournie dépasse un seuil maximum ou minimum selon paramétrage
- **Réglage en puissance** 30 % à 120 % de  $S_n$  (pas de 0,5 %)
- **Valeur de fonctionnement** 100 % du seuil réglé
- **Pourcentage de dégagement sur le seuil** environ 95 % pour  $P>$   
environ 105 % pour  $P<$
- **Réglage temporisation**
  - $t(P>)$  ou  $t(P<)$  0,2 s à 100 s (pas de 0,01 s)
- **Précision**
  - relative au seuil 0,5 % de  $S_n$
  - relative à la temporisation 5 % de la temporisation ou  $\pm 30$  ms

### 2.14 - Maximum de tension homopolaire[59-G1] / [59-G2] [GMS7000 / GMSV7000]

- **Fonctions**

Protection contre les défauts à la terre  
1 seuil d'alarme  $V_{o>}$   
1 seuil de déclenchement  $V_{o>>}$

code ANSI : [59G-1]  
code ANSI : [59G-2]
- **Grandeur caractéristique**

Méthodes de mesure

amplitude de la tension homopolaire
  - sommation des trois tensions simples (GMS7000)
  - alimentation par TP de point neutre ou en triangle ouvert (GMSV7000)
- **Logique de fonctionnement** fonctionnement lorsque la tension homopolaire dépasse un seuil à maximum

## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- **Réglages en tension**
  - seuil d'alarme Vo>
    - GMS7001 3 à 15 % de Vn (pas de 1 % de Vn)
    - GMSV7001 3 à 15 % de Vn (pas de 1 % de Vn)
  - seuil de déclenchement Vo>>
    - GMS7001 6 à 30 % de Vn (pas de 1 % de Vn)
    - GMSV7001 6 à 30 % de Vn (pas de 1 % de Vn)
- **Écart de retour** environ 1 % de Vn
- **Réglage temporisations**
  - t(Vo>) 0,1 s à 10 s (pas de 0,01 s)
  - t(Vo>>) 0,1 s à 10 s (pas de 0,01 s)
- **Précision**
  - relative aux seuils 1 % de Vn
  - relative aux temporisations 5 % de la temporisation ou ± 30 ms

### 2.15 - Maximum de courant homopolaire [64] [GMSH7000]

- **Fonctions**  
Protection de secours contre les défauts à la terre  
1 seuil lo> Code ANSI : [64]
- **Grandeur caractéristique** amplitude du courant homopolaire
- **Logique de fonctionnement** fonctionnement lorsque le courant homopolaire dépasse un seuil à maximum
- **Réglage ampèremétriques**
  - lo> (alimentation par tore) 1 à 20 A primaire (pas de 0,5 A)
  - lo> (alimentation par TC) 0,05 à 1 In (pas de 0,025 In)
- **Valeur de fonctionnement**
  - 100 % du seuil réglé (courbe à temps indépendant)
  - 110 % du seuil réglé (courbe à temps dépendant)
- **Pourcentage de dégagement sur les seuils** environ 95 %
- **Réglage de la temporisation**
  - temps indépendant t(lo>) 0,1 s à 100 s (pas de 0,1 s)
  - temps dépendant t(lo>) 0,1 s à 3 s à 10 lo> (pas de 0,05 s à 10 lo>)
- **Précision**
  - relative au seuil 5 % du seuil ou 0,5 % de In
  - relative aux temporisations
    - temps indépendant 5 % de la temporisation ou ±30 ms
    - temps dépendant 5 % de la temporisation ou ±30 ms (7,5 % courbe extrêmement inverse) à 10 lo>
- **Courbes de fonctionnement selon CEI 255-4**  
Caractéristiques du seuil t(lo>) temps indépendant ou temps dépendant : inverse, très inverse, extrêmement inverse (jusqu'à 20 lo> ou 200 A sur tore)
 
$$t(s) = \frac{T}{(I/I_0)^\alpha - 1} \times \text{Réglage } t(lo>)$$
  - T = 0,046      α = 0,02    courbe 2 Inverse (I)
  - T = 9            α = 1        courbe 3 Très inverse (VI)
  - T = 100        α = 2        courbe 4 Extrêmement inverse (EI)
- **Surcharges** 40 In / 1 s

# CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

## 3. Domaines nominaux des facteurs d'influence

- **Température** -10°C ; +55° C
- **Fréquence** 8 Hz - 70 Hz

## 4. Conditions climatiques

- **Température de stockage (CEI 68-2)** -25°C ; +70°C
- **Chaleur humide (CEI 68-2)** RH 93 % : 40°C ; 56 jours
- **Brouillard salin** 96 heures

## 5. Isolement diélectrique (CEI 255-5)

- **Tenue diélectrique à la fréquence industrielle**  
bornes réunies / masse et entre groupe galvaniquement isolé prise DB25 2 kV - 50 / 60 Hz 1 min (sauf boucles de courant 1 kV / 1 mn)  
Résistance d'isolement sous 500 V 500 V - 50 / 60 Hz 1 min  
> 10 000 MΩ  
Tenue à la tension de choc (sauf prise DB25) 5 kV - 1,2/50 μs

## 6. Compatibilité Électromagnétique : Susceptibilité

### 6.1 - Perturbations haute fréquence conduites (CEI 255-22-1) (sauf prise DB25 / RS232C)

- En mode commun 2,5 kV - 1 MHz - Classe III  
En mode différentiel 1 kV - 1 MHz - Classe III

### 6.2 - Transitoires rapides (CEI 255-22-4 / CEI 801-4)

- 5/50 ns - répétitifs 5 kHz 2 kV - Classe III

### 6.3 - Décharge Electrostatique (CEI 255-22-2 / CEI 801-2)

- Contact 4 kV  
Air 8 kV - Classe III

### 6.4 - Radiofréquences

#### 6.4.1 - Radiofréquences rayonnées

- Fréquence modulée en amplitude à 80 % - 1 kHz (CEI 801-3 / EN 50082-2 / ENV 50141) 80 - 1000 MHz ; 10 V/m  
Fréquence modulée en amplitude à 80 % - 1 kHz (EN 50082-2 / ENV 50141) 900 MHz ; 10 V/m

#### 6.4.2 - Radiofréquences conduites

- Bornes de puissance AC/DC, Entrées/Sorties  
Fréquence modulée en amplitude à 80 %-1 kHz  
impédance de source : 150 Ω  
(CEI 801-3/EN50082-2/ENV 50141) 0,15 - 80 MHz ; 10 V

## 7. Compatibilité Électromagnétique : Émissivité

### Champ Électromagnétique rayonné (EN 55011 / EN 50081-2)

- Mesures effectuées à 10 mètres  
Gammes de fréquences 30 MHz - 230 MHz 40 dB (V/m) - (Valeur quasi-crête)  
Gammes de fréquences 230 MHz - 1000 MHz 47 dB (V/m) - (Valeur quasi-crête)

## 8. Communication numérique

- Support 2 canaux commutables dotés chacun de prises dédiées :  
- boucle courant : 0 - 20 mA  
- DB9 / RS232C  
Protocole Maître / Esclave selon norme JBus/Modbus ou autre  
Vitesse 1 200 - 2 400 - 4 800 Bauds

## 9. Boîtier

R4

## 10. Masse

5 Kg

## 11. Schémas d'identification

GMS7001	22A3	GMS7002	26A5
GMSH7001	15A7	GMSH7002	26A4
GMSV7001	20A9	GMSV7002	28A5

## FONCTIONNEMENT

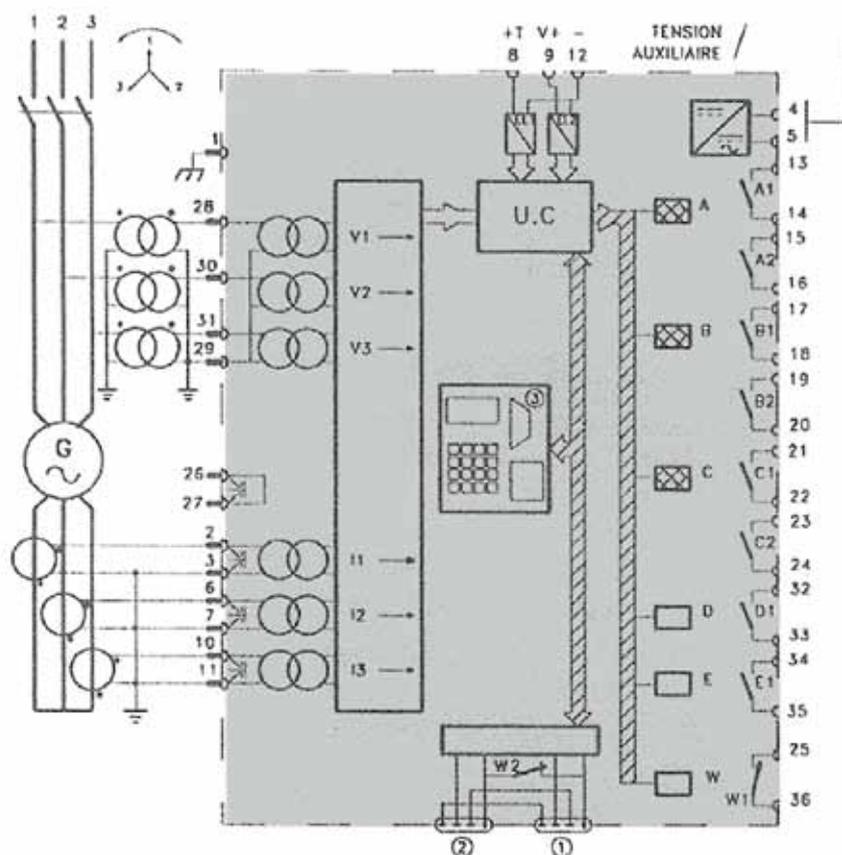


Fig. 12 - GMS7001 - Schéma de fonctionnement et de raccordement simplifié

		saillie prises arrière	encastré prises arrière
<b>R4</b>	ENCOUVREMENTS		
	RACCORDEMENT PAR VIS Ø V4		$x = 89$ pour panneau ép' < 2 $x = 90,5$ pour panneau ép' > 2
	ENCOUVREMENTS		
	PERÇAGES ET DÉCOUPES		

## CODE D'IDENTIFICATION

**GMS 7001**    A    B    C    D    E    F    G

Fréquence	50 Hz 60 Hz	a b					
Courant nominal	1 A 5 A	a b					
Tension nominale	100 V/√3 110 V/√3 230 V		a b c				
Tension auxiliaire cc/ca	20 ..... 66 V 48 ..... 250 V			a b			
Boîtier R4	saillie prises arrières encastré prises arrières				b c		
Schéma de raccordement	indice					a	
Contacts Relais A, B, C	2 NO 1 NO + 1 NF						a b

**GMSV 7001**    A    B    C    D    E    F    G    H

Fréquence	50 Hz 60 Hz	a b						
Courant nominal	1 A 5 A	a b						
Tension nominale	100 V 110 V 120 V		a b c					
Tension homopolaire	100 V/√3			a				
Tension auxiliaire cc/ca	20 ..... 66 V 48 ..... 250 V				a b			
Boîtier R4	saillie prises arrières encastré prises arrières					b c		
Schéma de raccordement	indice						c	
Contacts Relais A, B, C	2 NO 1 NO + 1 NF							a b

**GMSH 7001**    A    B    C    D    E    F    G    H    I

Fréquence	50 Hz 60 Hz	a b							
Courant nominal	1 A 5 A	a b							
Tension nominale	100 V 110 V 120 V		a b c						
Courant homopolaire	3 TC secondaire 1 A 3 TC secondaire 5 A Toro			a b c					
Tension auxiliaire cc/ca	20 ..... 66 V 48 ..... 250 V				a b				
Boîtier R4	saillie prises arrières encastré prises arrières					b c			
Schéma de raccordement	indice						a		
Type de Toro	Veuillez vous référer au tableau réf. 142 941								
Contacts Relais A, B, C	2 NO 1 NO + 1 NF								a b



Fréquence	50 Hz 60 Hz	a b
Courant nominal	1 A 5 A	a b
Tension nominale	100 V $\sqrt{3}$ 110 V $\sqrt{3}$ 120 V	a b c
Tension auxiliaire co/ca	20 ..... 66 V 48 ..... 250 V	a b
Boîtier R4	saillie prises arrières encastré prises arrières	
Schéma de raccordement	indice	
Contacts Relais A, B, C	2 NO 1 NO + 1 NF	



Fréquence	50 Hz 60 Hz	a b
Courant nominal	1 A 5 A	a b
Tension nominale	100 V 110 V 120 V	a b c
Courant homopolaire	3TC secondaire A1 3TC secondaire 5A Tore	a b c
Courant	20 ..... 66 V 48 ..... 250 V	a b
Boîtier R4	Saillie prises arrières encastré prises arrières	
Schéma de raccordement	indice	
Type de tore	veuillez vous référer au tableau réf. 142 941	
Contacts Relais A, B, C	2 NO 1 NO + 1 NF	

Les caractéristiques et schémas ne sauraient nous engager qu'après confirmation par nos services.



11, rue Marcel Sembat - 94146 Alfortville cedex  
[www.icelec.com](http://www.icelec.com) - [contact@icelec.com](mailto:contact@icelec.com)  
 Tél : +33 (0)1 41 79 76 00 - Fax : +33 (0)1 41 79 76 01

