

Régie de l'énergie - Dossier R-3603-2006

Option d'électricité interruptible du tarif L et d'utilisation des groupes électrogènes de secours par Hydro-Québec Distribution

C A N A D A

RÉGIE DE L'ÉNERGIE

PROVINCE DE QUÉBEC
DISTRICT DE MONTRÉAL

OPTION D'ÉLECTRICITÉ
INTERRUPTIBLE DU TARIF L ET
D'UTILISATION DES GROUPES
ÉLECTROGÈNES DE SECOURS PAR
HYDRO-QUÉBEC DISTRIBUTION

DOSSIER R-3603-2006

HYDRO-QUÉBEC, dans ses activités de
distribution

Demanderesse

-et-

STRATÉGIES ÉNERGÉTIQUES (S.É.)

-et-

L'ASSOCIATION QUÉBÉCOISE DE
LUTTE CONTRE LA POLLUTION
ATMOSPHÉRIQUE (AQLPA)

Intervenantes

MGE UPS SYSTEMS
Compatibilité ASI et groupe électrogène
Novembre 2005

Pièce déposée par :
Stratégies Énergétiques
Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique
(SÉ-AQLPA)

Le 30 août 2006

Pièce SÉ-AQLPA-3 - Document 5

Déposée par :
Stratégies Énergétiques - Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique
(SÉ-AQLPA)

Régie de l'énergie - Dossier R-3603-2006
Option d'électricité interruptible du tarif L et d'utilisation des groupes électrogènes de secours
par Hydro-Québec Distribution

Pièce SÉ-AQLPA-3 - Document 5

Déposée par :

Stratégies Énergétiques - Association québécoise de lutte contre la pollution atmosphérique
(SÉ-AQLPA)

Compatibilité ASI et groupe électrogène

THE UNINTERRUPTIBLE POWER PROVIDER



Compatibilité ASI et groupe électrogène

Auteurs :
S. BERNARD

Sommaire

Résumé	2
Introduction	3
▶ Complémentarité ASI et groupe dans les installations à haute disponibilité	3
▶ Compatibilité entre ASI et groupe électrogène	3
Points clés de l'association ASI - groupe électrogène	4
▶ Association ASI - groupe.....	4
▶ Autonomie de l'ASI.....	5
▶ Puissances de l'ASI et du groupe	6
▶ Démarrage du groupe.....	8
▶ Courants capacitifs	9
▶ Stabilité en fréquence du groupe	10
▶ Sélectivité amont/aval du réseau bypass	10
Conclusion	11

Résumé

L'Association ASI (Alimentation Sans Interruption) et groupe électrogène est une solution fréquente pour alimenter les applications sensibles telles que informatique, télécommunications, process, hôpitaux, les aéroports... Les deux équipements ont en effet des fonctions complémentaires vis à vis de l'alimentation des charges critiques.

Les ASI procurent une énergie de qualité et isolent les charges des perturbations du réseau et assurent aussi, grâce à leur batterie, une autonomie de fonctionnement qui peut aller de quelques minutes à plusieurs heures. Au delà, le groupe électrogène assure les longues autonomies.

Cependant, le groupe a des contraintes d'utilisation (temps de démarrage, régulation, durée minimum de fonctionnement ...) et de coût d'installation et d'entretien (réserve de fuel, local spécialisé, maintenance...).

En outre, son association avec l'ASI comporte un certain nombre d'aspect techniques qu'il convient d'examiner pour s'assurer d'un fonctionnement correct de l'ensemble.

L'association entre ASI et groupe électrogène, pour être efficace et rentable, doit donc être étudiée en terme d'optimum économique et de compatibilité des caractéristiques techniques.

Cet article examine les divers points pour choisir une association optimale en termes de coût d'achat et de fonctionnement.

Complémentarité ASI et groupe dans les installations à haute disponibilité

Associer une ASI (Alimentation Sans Interruption) et un groupe électrogène est une solution de plus en plus fréquente pour alimenter les applications sensibles telles que informatique, télécommunications, process, hôpitaux, les aéroport... Les deux équipements ont en effet des fonctions complémentaires vis à vis de l'alimentation des charges critiques.

Les ASI procurent une énergie de qualité et isolent les charges des perturbations du réseau grâce à la chaîne de double conversion redresseur/chargeur et onduleur. Elles assurent aussi, grâce à leur batterie, une autonomie de fonctionnement qui peut aller de quelques minutes à plusieurs heures.

Toutefois, plus le besoin d'autonomie est important, plus les batteries sont encombrantes avec des contraintes d'entretien. D'où l'idée, pour les besoins de longues autonomie, de recourir à la puissance d'un groupe électrogène pour réduire la taille des batteries. En cas d'absence prolongée du réseau, lorsque la limite d'autonomie est en passe d'être atteinte, on démarre le groupe pour alimenter l'ASI.

Cependant, le groupe a des contraintes d'utilisation (temps de démarrage, régulation, durée minimum de fonctionnement ...) et de coût d'installation et d'entretien (réserve de fuel, local spécialisé, maintenance...).

En outre, son association avec l'ASI comporte un certain nombre d'aspect techniques qu'il convient d'examiner pour s'assurer d'un fonctionnement correct de l'ensemble.

L'association entre ASI et groupe électrogène, pour être efficace et rentable, doit donc être étudiée en terme d'optimum économique et de compatibilité des caractéristiques techniques.

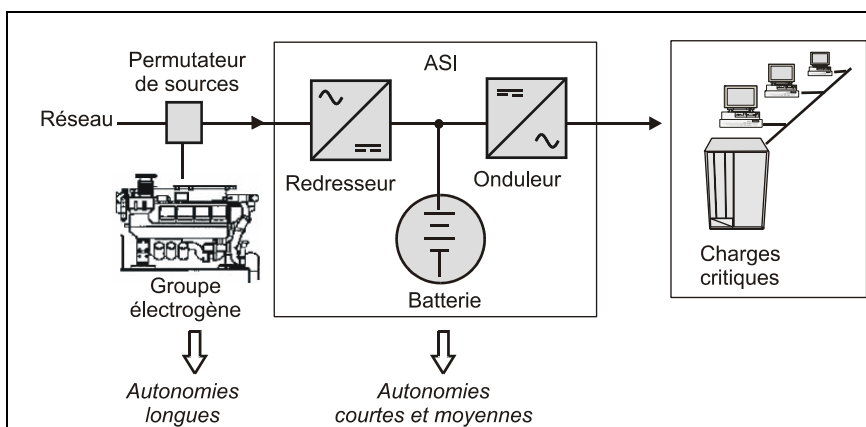


Fig. 1 : Complémentarité ASI et groupe électrogène.

La compatibilité entre ASI et groupe électrogène

L'objet de cet article est d'examiner les éléments techniques et économiques importants à prendre en compte lors de l'association d'un système d'ASI et d'un groupe électrogène.

Il en ressort un certain nombre de recommandations pratiques pour l'utilisateur intéressé par cette solution.

Autonomie de l'ASI

Au delà de quelle autonomie recourir à un groupe ?

La décision de recourir à un groupe électrogène de secours dépend de la qualité du réseau du distributeur d'énergie, des risques économiques et/ou de sécurité liés à l'application, et de la comparaison de coût des solutions avec et sans groupe.

Les questions à se poser concernent :

- ▶ la qualité du réseau : risques de dégradation de la qualité de la tension, (du fait d'autres utilisateurs "pollueurs", de conditions climatiques...) pouvant amener une sollicitation répétée de la batterie et diminuer l'autonomie réelle disponible.
- ▶ les risques de coupures prolongées : garanties et moyens de secours du distributeur.
- ▶ l'enjeu économique ou de sécurité correspondant : le caractère critique des applications alimentées et le coût d'un arrêt.
- ▶ le coût comparatif d'une solution avec batterie par rapport à celui d'une solution avec groupe : compte tenu des puissances à fournir, de délestage éventuel, des surfaces disponibles, des contraintes d'exploitation (locaux spécialisés, nuisances sonores...)

☞ En pratique, le recours à un groupe pour assurer une longue autonomie peut s'envisager lorsque l'autonomie nécessaire à l'application est de l'ordre de 30 minutes à 1 heure ou plus.

Quelle autonomie d'ASI prévoir avec un secours groupe ?

L'autonomie de l'ASI en présence d'un secours groupe doit prendre en compte les contraintes de fonctionnement du groupe et de la batterie.

Contraintes du groupe

- ▶ Un groupe doit fonctionner un temps suffisant (au moins quinze minutes) pour éviter une usure anormale. Il faut donc le démarrer à bon escient !
- ▶ Un groupe normal a besoin d'environ 2 minutes pour démarrer et arriver en charge avec une température stabilisée.

Il faut en effet que :

- le moteur Diesel d'entraînement de l'alternateur démarre et atteint sa vitesse nominale (8 à 10 secondes),
- le moteur et l'alternateur montent en charge et arrivent à fournir la pleine puissance nominale (12 à 15 secondes),
- le fonctionnement soit stabilisé en température (plus d'une minute).

▶ Un groupe peut ne pas démarrer au premier essai et "caler" pendant la phase de montée en charge.

▶ Un groupe associé à une ASI ne doit être démarré qu'après un délai d'environ 3 minutes suivant le début de la coupure réseau :

- pour laisser le temps aux automatismes de réseaux (ré-enclencheurs, automatismes de boucles...) d'opérer pour rétablir si possible l'alimentation,
- pour ne pas démarrer inutilement et trop fréquemment le groupe.

Contraintes des batteries

- ▶ La batterie doit assurer la continuité d'exploitation pendant un délai optimal :
 - ni trop court par rapport à l'autonomie pour ne pas sous-utiliser la batterie et risquer de démarrer trop fréquemment le groupe,
 - ni trop proche de la durée d'autonomie pour éviter de ne plus pouvoir assurer le démarrage et la mise en charge du groupe avant l'arrêt batterie.
- ▶ Les batteries des ASI offrent des autonomies standards de 5 à 10 minutes à des conditions économiques avantageuses d'installation et d'entretien.

Conclusion pratique

☞ Une autonomie de l'ordre de 10 minutes est bien adaptée. Elle correspond à des autonomies standards économiques et permet d'optimiser l'utilisation de la batterie et du groupe.

Cette durée laisse :

- ▶ 3 minutes pour permettre aux automatismes de réseaux d'opérer et s'assurer ainsi de la nécessité de démarrer le groupe.
- ▶ 2 minutes pour permettre le démarrage, la montée en charge et la stabilisation en température du groupe.
- ▶ une marge pour permettre un second démarrage si nécessaire.
- ▶ une marge supplémentaire par rapport à l'autonomie effective de la batterie (vieillesse, recharge suite à sollicitations précédentes).

Puissances respectives de l'ASI et du groupe

Quels éléments faut-il prendre en compte ?

Le choix des puissances respectives doit intégrer les éléments suivants.

Courant d'entrée de l'ASI avec recharge de la batterie

Il faut que la puissance du groupe permette d'alimenter l'ASI dans le cas où le redresseur/chargeur d'entrée assure à la fois (fig. 2) l'alimentation de la charge (courant I_c) et la recharge la batterie (courant I_b). Ce cas correspond aux conditions initiales du secours par groupe, qui intervient après un délai d'environ 3 minutes, donc lorsque la batterie est partiellement déchargée.

Présence éventuelle d'harmoniques et d'un filtre en entrée de l'ASI

Pour alimenter l'onduleur en courant continu, l'ASI comporte un redresseur d'entrée à pont de thyristors. Il génère des harmoniques qui déforment l'onde sinusoïdale du courant d'entrée (fig. 3) et celle de la tension en amont. L'importance de la distorsion est mesurée par le taux global de distorsion :

$$\text{THD}^* \% = \frac{\text{valeur efficace de l'ensemble des harmoniques}}{\text{valeur efficace du fondamental}} \text{ en } \%$$

* Total Harmonic Distorsion

Selon que l'on considère l'onde de courant ou à celle de tension on utilise :

- ▶ THDI - I pour courant
- ▶ THDU - U pour tension.

Pour éliminer les courants harmoniques les ASI intègre :

- ▶ soit un filtre d'entrée, qui peut être de type :
 - passif LC, compensé ou non compensé avec contacteur éventuel,
 - confinement d'harmonique double pont ou phase shifting,
 - actif, dérivé des compensateurs actifs d'harmoniques.

Ces types de filtre ramènent la distorsion (THDI sans filtre de l'ordre 30 %) à une valeur de THDI < 5 %.

- ▶ soit un redresseur "propre" de type PFC (Power Factor correction) qui ne génère pas d'harmonique, grâce à une électronique de régulation de l'ASI. Dans ce cas la distorsion est, sans filtre, THDI < 3 %.

Ces dispositions répondent dans tous les cas aux prescriptions de la norme CEI / EN 61000-3-4 pour les appareils BT absorbant un courant > 16 A, qui impose :

- ▶ un THDI < 5 % à l'entrée l'ASI,
- ▶ un THDU de 5% au niveau du jeu de barres amont,
- ▶ aucun rang individuel d'harmonique ne dépassant 5%.

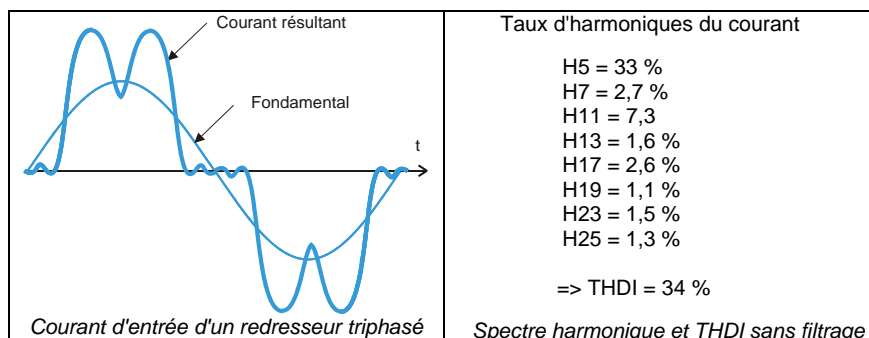


Fig. 3 : Courant généré par un pont à thyristors de redresseur.

Comportement du groupe en présence d'harmoniques

L'alternateur d'un groupe est conçu pour alimenter des charges linéaires. La présence d'harmoniques impose de s'assurer de certaines conditions de compatibilité, du fait des répercussions possibles pour le groupe :

► difficulté de régulation : la distorsion augmente la valeur efficace de la tension de sortie. Elle fausse la régulation du groupe, effectuée par rapport à la valeur efficace d'une tension sinusoïdale. La constante de temps élevée des variations du flux des enroulements rend en outre les corrections difficiles.

► échauffement des enroulements de l'alternateur : les harmoniques augmentent le courant efficace.

► amplification des harmoniques (1) avec pour conséquences :

- une augmentation de la distorsion en tension (THDU, normalement limité à 5 %) au niveau du jeu de barres amont lors du fonctionnement sur groupe.
- une diminution du facteur de puissance d'entrée ($< 0,8$).

(1) En effet, la réactance subtransitoire $X'd$ d'un alternateur est de l'ordre de 10 à 12 %, comparée aux 3 ou 4 % de la tension de court-circuit d'un transformateur. En d'autres termes, l'impédance de sortie d'un groupe est 2 à 4 fois plus forte que celle d'un transformateur. Chaque rang d'harmonique $1/k$, courant sinusoïdal à k fois la fréquence du réseau, est amplifié par rapport au fonctionnement normal sur réseau avec l'impédance de sortie du transformateur.

Quelles sont les stratégies possibles ?

Surdimensionner le groupe

Une solution classique pour s'affranchir de l'effet des harmoniques consiste à surdimensionner le groupe. La puissance du groupe choisi est de l'ordre de 1,5 à 2 fois celle de l'ASI. Ce supplément de puissance permet de supporter l'échauffement des enroulements, d'avoir une régulation correcte et de disposer d'une impédance de sortie plus importante.

Elle représente un supplément de coût initial et d'entretien important, même si le surdimensionnement se limite à renforcer le seul alternateur.

Éliminer les harmoniques au niveau de l'ASI

Une solution beaucoup plus efficace et moins onéreuse consiste à choisir une ASI équipée, pour éliminer efficacement les harmoniques du redresseur. Ceci est réalisé par l'utilisation

► soit d'un filtre actif intégré à l'ASI et optimisé pour sa puissance et son redresseur d'entrée. Ce type de filtre élimine un spectre harmonique suffisamment large pour obtenir des THDI $< 3\%$.

► soit d'un redresseur "propre" de type PFC (Power Factor Correction) à prélèvement sinusoïdal. Le THDI résiduel est alors $< 2\%$.

Ces techniques, qui divisent la distorsion quasiment par 2, par rapport aux 5% préconisés par les normes, assurent une excellente compatibilité de fonctionnement avec le groupe, dont la puissance peut être équivalente à celle de l'onduleur.

Conclusion pratique

- ☞ Choisir une ASI équipée d'un filtre actif intégré ou d'un redresseur PFC à prélevement sinusoïdal évite les effets négatifs des harmoniques sur le groupe et permet de le dimensionner à la puissance de l'ASI.
- ☞ Le supplément de coût est bien inférieur à celui occasionné par un surdimensionnement du groupe.
- ☞ Il faut aussi s'assurer que la puissance du groupe permet, lors de son démarrage, la recharge de la batterie (voir exemple)

Exemple

Cet exemple traite, dans le cas d'un filtrage approprié (actif ou PFC), et en l'absence de délestage, la façon de calculer la puissance nécessaire.

La puissance nominale P_n (kVA) d'une ASI est la puissance maximale de sortie pour un facteur de puissance de sortie 0,8. Il faut ramener cette puissance côté entrée pour connaître celle que doit fournir le groupe.

Une ASI de 100 kVA de puissance nominale délivre à la charge une puissance maximale de $100 \times 0,8 = 80$ kW.

Compte tenu du rendement de l'onduleur et du courant de charge de la batterie il faut majorer cette valeur pour obtenir la puissance d'entrée.

Par exemple ici avec 18 % (valeur à obtenir auprès du constructeur), la puissance à fournir en entrée est $P_e = 80 \times 1,18 = 94,4$ kW.

Le groupe devra être dimensionné pour une puissance P_g telle que :

► si le facteur de puissance d'entrée est 0,8 : $P_g > 94,4 / 0,8 = 118$ kVA.

Dans ce cas où les facteurs de puissance d'entrée et de sortie sont égaux à 0,8 on a aussi directement le résultat par $100 \text{ kVA} \times 1,18 = 118$ kVA.

► si l'ASI dispose d'un redresseur PFC qui assure un facteur de puissance proche de 1 ($> 0,95$) : $P_g > 94,4 / 0,95 = 99,3$ kVA.

Démarrage du groupe

Comment assurer la mise en charge du groupe ?

Le groupe n'est pas immédiatement en charge. Il passe par une phase de démarrage avant d'atteindre son régime établi et fournir sa puissance nominale. Cette période de démarrage dure de 5 à 10 secondes. Il faut aménager l'appel de courant du chargeur pour éviter d'endommager ou de faire "caler" le groupe.

- ☞ Pour cela, les ASI performantes intègrent un dispositif de temporisation avec une "rampe de démarrage" du redresseur/chargeur (fig. 4).

De plus, lors du retour de tension, le redresseur/chargeur peut être arrêté progressivement grâce à un contact auxiliaire afin d'éviter de perturber les autres charges éventuelles raccordées au même jeu de barres.

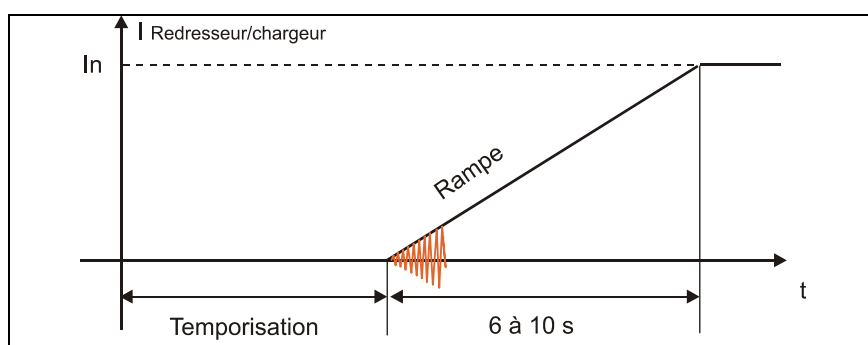


Fig. 4 : Courant du redresseur/chargeur de l'ASI sur démarrage groupe.

Courants capacitifs

Démarrage d'un groupe en présence de filtre LC

Un alternateur ne peut fournir que des courants capacitifs limités (10 à 30 % de I_n). Ceci peut poser un problème si l'ASI est équipée de filtres anti-harmoniques de type LC. La difficulté se situe au démarrage progressif du redresseur sur le groupe, lorsque la puissance active est nulle et que l'alternateur ne fournit que le courant capacitif du filtre.

- ☞ L'usage de filtres LC doit être étudié afin que le fonctionnement reste dans les spécifications du constructeur.
- ☞ Les filtres LC compensés ou à contacteur résolvent ce problème.
- ☞ Pour les filtres THM ou "active 12 pulse" ou pour les ASI avec un redresseur PFC, la compatibilité est totale.

Les possibilités sont les suivantes, en fonction des filtres.

Filtres LC

► non compensé

Le circuit LC est accordé ($LC\omega^2 = 1$) sur le rang de l'harmonique le plus important (IH5). Ce filtre de base ne convient pas si le groupe n'accepte pas un courant capacitif égal à 30% du courant du redresseur. Il faut alors utiliser les courbes de déclassement du fabricant d'alternateur.

► compensé

Ce filtre comporte une self supplémentaire, en parallèle avec le condensateur, qui diminue l'énergie capacitive que doit fournir le groupe au électrogène au démarrage et en régime établi.

► non compensé à contacteur

Ce filtre comporte un contacteur qui permet la mise en service de la branche LC à partir d'un taux de charge de l'onduleur acceptable pour le groupe. Il est adapté aux installations avec un groupe électrogène de puissance limitée par rapport à la charge de l'onduleur.

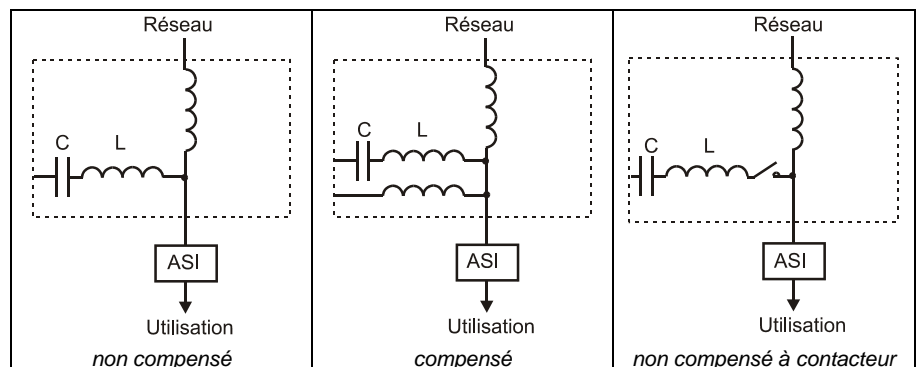


Fig. 5 : Les 3 types de filtres LC.

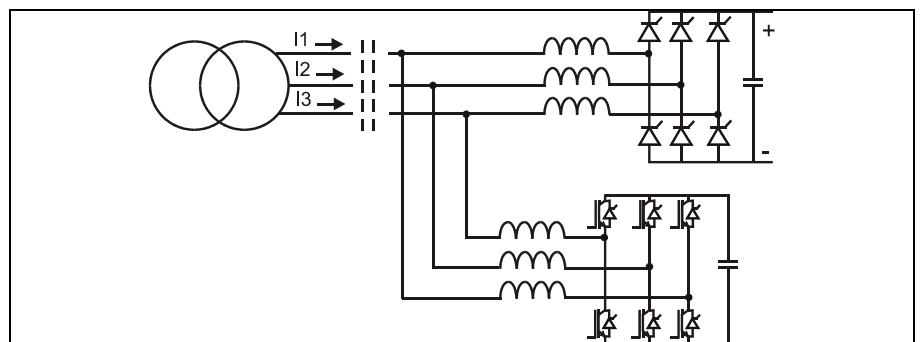


Fig. 6 : filtre "active 12-pulse"

Stabilité en fréquence du groupe

Nécessité d'ASI double conversion

Le groupe électrogène comporte un moteur thermique d'entraînement de l'alternateur. La régulation de la vitesse de ce moteur, qui détermine celle de la fréquence de la tension de l'alternateur, n'est pas instantanée.

Aussi, le groupe est sensible aux variations importantes de charge qui amènent des fluctuations de fréquence de l'alternateur par suite des variations de vitesse du moteur thermique.

C'est notamment le cas dans les cas suivants :

- ▶ lors du démarrage du moteur du groupe, jusqu'à ce qu'il ait atteint sa vitesse nominale,
- ▶ démarrage d'autres charges alimentées par le groupe (ascenseurs, climatisation),
- ▶ délestages de charges.

Ceci peut créer des problèmes avec des ASI en fonctionnement en interaction avec le réseau ("line-interactive") dont la fréquence de sortie est directement celle de l'entrée. Les variations de fréquence du groupe peuvent alors conduire à une succession de passage sur batterie (fréquence hors tolérances) et de retour sur réseau (lorsque l'onduleur a stabilisé la fréquence, mais que le groupe n'est pas encore stabilisé) occasionnant un phénomène de pompage.

Avec les ASI de type double conversion, la régulation de la tension de sortie par l'onduleur élimine ce type de problème.

☞ Les ASI de type double conversion sont totalement compatibles avec les fluctuations de fréquence des groupes. Ce n'est pas le cas pour les line-interactive.

Conclusion

Nécessité de configuration avec ASI double conversion

L'association d'une ASI et d'un groupe a longtemps nécessité de surdimensionner le groupe. L'usage était et demeure encore parfois de prendre un groupe ayant 1,5 fois la puissance de l'ASI.

Ceci permettait de s'affranchir des problèmes liés aux harmoniques : échauffement, distorsion de la tension, facteur de puissance peu élevé, appels de courant de démarrages, courants capacitifs avec filtre LC...

Cette solution apparaît aujourd'hui inutilement coûteuse et techniquement inadaptée. En effet, les performances des nouvelles générations d'ASI double conversion, topologie indispensable vis à vis des puissances nécessaires et de la régulation de fréquence, permettent, par quelques options à moindre coût, d'utiliser un groupe de puissance équivalente à celle de l'ASI.

Le choix d'un filtre actif intégré ou de type "active 12 pulse élimine tout effet des harmoniques lors du fonctionnement sur groupe.

Autre possibilité, l'utilisation d'un redresseur à prélèvement sinusoïdal de type PFC apporte en outre un facteur de puissance d'entrée élevé (> 0,9) qui permet d'utiliser le groupe avec une efficacité maximale.

☞ La compatibilité des puissances entre ASI actuelles et groupes ne pose plus de problème de déclassement.

☞ Il est aujourd'hui beaucoup plus rentable d'opter pour quelques fonctions avancées de l'ASI que d'alourdir le coût global par un surdimensionnement injustifié du groupe.

MGE UPS SYSTEMS

140, avenue Jean Kuntzmann
Zirst Montbonnot Saint Martin
38334 SAINT ISMIER Cedex
France
Tel : 33 (0) 4 76 18 30 00
www.mgeups.com

MGE0421FRI

En raison de l'évolution des normes et du matériel,
les caractéristiques indiquées par les textes et
les images de ce document ne nous engageant qu'après
confirmation par nos services.

Toutes les marques citées appartiennent à leurs propriétaires
respectifs.

Publication : MGE UPS SYSTEMS - 11/2005
Conception-rédaction : P. Andréani - INTERDOC