

Data Centers : Etude de conception pour l'opérabilité de systèmes énergétiques cruciaux

Par : **Angel Montilla**, Ingénieur Projets, Chloride Power Protection



Avant-propos - Les clients qui exploitent ou dépendent des services de data centers ont souvent besoin d'une haute disponibilité. Divers aspects de la conception et de l'installation des ASI doivent être soigneusement étudiés afin de s'assurer que cette exigence est remplie.

Une interprétation fidèle des standards de conception, un contrôle de production de haute qualité, une utilisation compréhensive et une maintenance font partie des facteurs importants. L'utilisation d'un système électrique de secours (onduleurs, groupes électrogènes) conçu avec la technologie la plus récente est la clé. L'expérience montre que la fiabilité intrinsèque de la partie distribution (lignes électriques, appareils de protection, interconnexions, unités de transferts, etc.) est aussi cruciale pour la disponibilité permanente du système électrique. Une part non négligeable des défaillances de systèmes est causée par

des problèmes dans la distribution plutôt que par une panne dans les sources d'énergie elles-mêmes. Ce document décrit dans quelle mesure la fiabilité de la distribution affecte la fiabilité du système d'approvisionnement en énergie tout entier. L'utilisation d'une conception avancée d'architectures de commutation statiques, ainsi qu'une attention particulière à la partie distribution améliorent considérablement la fiabilité du système énergétique entier pour accomplir des objectifs cruciaux. Des indications seront proposées et leur application sera montrée par des études de cas réels.

I. Introduction

Avant même que des événements récents dans le monde ne soulignent la vulnérabilité des télécoms face à des pannes totales ou partielles d'infrastructures électriques, les opérateurs des centres de données ont été conscients de l'importance d'ASI adéquatement conçues et installées. Une tendance nette au morcellement des centrales électriques et à la répartition autour du siège, qui a favorisé l'introduction de centrales électriques denses et de plus faible capacité, est maintenant interrompue par des demandes massives d'énergie concentrées dans les centres de données, annonçant une nouvelle ère pour les centrales électriques dans la gamme de mégawatt fractionnable.

Un simple examen du message promotionnel populaire chez les « hébergeurs sur Internet » révèle que la protection contre les pannes électriques, la sécurité et le contrôle de l'environnement ambiant sont situés en haut de la liste des avantages que les managers des centres de données offrent à leurs clients. L'utilisation fiable de la totalité du système énergétique dépend d'une surveillance automatisée et d'une maintenance préventive basée sur une compréhension précise de l'utilisation et les modes de pannes du système et de ses composants. La discussion qui suit s'appuie fortement sur notre expérience dans l'équipement de plusieurs centres de données majeurs pour des clients Européens, et sur plus de 10 ans de surveillance enregistrée de plus de

8000 installations dans le monde. Les centres de données d'Internet sont composés de grands nombres de systèmes informatiques reliant des millions d'utilisateurs au Web. Les indications proposées à la fin sont le résultat de toute cette expérience. La disponibilité du système d'approvisionnement en énergie est d'une importance capitale. En conséquence, la valeur des solutions présentée est grande. Le pourcentage de disponibilité est la clé pour évaluer le progrès technique. Auparavant, cette valeur était de 99.9 (trois neufs), aujourd'hui elle est en moyenne de 99.99 (quatre neufs), et le but dans un futur proche est d'atteindre une valeur de pourcentage conséquente de 99.9999 (six neufs).

II. Systèmes électriques de secours

Les technologies les plus récentes offrent la solution idéale à l'exigence de grande disponibilité et de grande fiabilité de la source d'alimentation. L'onduleur (ASI - Alimentation Sans Interruption) est l'appareil qui peut garantir la continuité demandée et la qualité de l'alimentation, non seulement en protégeant des pannes du réseau extérieur mais aussi des variations au-delà du seuil de tolérance. Une configuration avec une ASI à double conversion garantit une tension et une fréquence stables.

Une double conversion CA/CC fournit plus de garanties que n'importe quelle autre configuration d'onduleurs : l'entrée CA de la prise est convertie en CC par un redresseur totalement contrôlé ; un inverseur à la sortie reconstruit l'onde sinusoïdale. Cette partie peut aussi réaliser de la conversion de fréquence. En mode normal d'utilisation, l'onduleur à double conversion alimente toujours la charge à travers l'inverseur, découplant donc totalement la charge de la distribution électrique, et le protégeant de toute perturbation qui pourrait causer un dysfonctionnement du système.

A. Fiabilité d'une configuration d'ASI

Examinons plusieurs configurations d'ASI, en allant des plus simples aux systèmes parallèles complexes. Ceci fournira une vue des options offertes par différentes ASI et permettra aux utilisateurs d'atteindre un haut niveau de fiabilité par l'utilisation d'éléments redondants.

L'ASI basique à double conversion n'a pas d'*inverseur de source statique*. L'énergie peut seulement s'écouler à travers le redresseur et l'inverseur. L'étape suivante est liée à l'ASI avec un *inverseur de source statique*. Celui-ci permet d'utiliser une source supplémentaire en veille en cas de défaillance du redresseur/inverseur ou dans le cas d'une surcharge. En utilisant ces types simples d'ASI, il est possible d'assembler toutes sortes de systèmes parallèles.

Les deux architectures parallèles les plus importantes sont l'architecture parallèle distribuée et l'architecture parallèle centralisée.

Le système parallèle distribué se compose d'unités identiques et d'un montage d'inverseur de source statique embarqué. Il peut aussi être monté avec un système d'inverseur de source en dérivation qui peut être utilisé pour la maintenance. Cet interrupteur est indispensable pour des systèmes distribués composés de plus de 2 modules. Dans ce cas, si l'inverseur de source statique n'est pas inclus, le système ne peut pas être dérivé sans couper l'alimentation électrique de la charge. Cette configuration cumule fiabilité et flexibilité. La puissance disponible peut être

augmentée en ajoutant simplement d'autres unités à celles déjà en service. Le système parallèle centralisé se compose d'unités sans inverseurs de source statique intégrés. Les

unités sont toutes identiques et l'inverseur de source statique est habituellement hébergé dans une armoire

spécifique. Cet inverseur de source statique peut alimenter la charge nominale en entier en utilisant une entrée du système en veille. Le principal avantage du système parallèle centralisé est qu'il est moins complexe en alimentation et en sous-ensemble de contrôle que le système distribué. Pour cette raison, la moyenne des temps entre deux pannes (MTBF - Mean Time Between Failures) de la configuration centralisée est légèrement plus élevée que la moyenne des temps entre deux pannes de la configuration distribuée. Une moyenne des temps entre deux pannes plus élevée a pour conséquence un système moins flexible, donc il n'est pas recommandé pour des installations pour lesquelles la charge nominale est sujette à des variations significatives durant le cycle de vie de l'ASI. Le [Tableau I](#) montre la moyenne des temps entre deux pannes intrinsèques d'une ASI seule et celle de systèmes parallèles. Ces mesures ont été obtenues en surveillant sur le terrain les ASI Chloride en question, pendant une année (en supposant des batteries à longue durée de vie et un **MTTR : soit Mean Time To Repair** de 2 heures, cf glossaire.)

III. Fiabilité du système de distribution

L'expérience montre que la fiabilité de la partie distribution entre les ASI et la charge affecte la disponibilité du système de protection électrique tout entier. Le système de contrôle à distance de Chloride a été utilisé pour mesurer la qualité de l'alimentation en entrée.

Ce dispositif de surveillance à distance assure 24 heures par jour, 365 jours par an, une couverture de l'état complet de chaque ASI installée, via une connexion modem. LIFE peut fournir la répartition des pannes principales et les perturbations en fonction de leur durée.

Nous pouvons supposer que le temps de panne due à de très longues interruptions ne vient pas de la faible qualité du réseau de distribution public, mais s'explique par la fiabilité de la partie distribution en basse tension en amont de l'ASI.

Si nous admettons un taux moyen de panne du réseau d'approvisionnement public et de la partie distribution, et si nous considérons le temps moyen de panne comme un taux de réparation constant, nous obtenons l'estimation suivante du taux de panne, où MUT est le temps moyen de fonctionnement, dont l'inverse est le taux de panne :

Tableau I
Comparaison du
MTBF entre différents
systèmes d'ASI

Système ASI	MTBF (kh)
ASI sans bypass statique	90
ASI avec bypass statique	300
Parallèle distribué (2 appareils)	380
Parallèle centralisé (2 appareils)	400

$$\begin{aligned} \text{MUT}_{\text{PSN}} \approx 500\text{h} &\Rightarrow \lambda_{\text{PSN}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1} \\ \text{avec } \text{MDT}_{\text{PSN}} \approx 100\text{s} & \\ \text{MUT}_{\text{DISTR}} \approx 9000\text{h} &\Rightarrow \lambda_{\text{DISTR}} = 1,111 \cdot 10^{-4} \text{ h}^{-1} \\ \text{avec } \text{MDT}_{\text{DISTR}} \approx 4,650 \cdot 10^3\text{s} & \end{aligned}$$

Dans ce qui suit, le temps moyen entre deux pannes de la distribution en amont sera considéré comme le pire cas de fiabilité pour la distribution en aval de l'ASI.

IV. Indications pour accéder à une disponibilité critique

A. Systèmes d'inverseurs de sources statiques (CROSS)

Le montage de l'inverseur de source statique, abrégé ci-après comme CROSS, garantit un approvisionnement en énergie supplémentaire aussi limité que possible pour des charges critiques en permettant une commutation contrôlée entre deux sources d'énergies alternatives. La commutation automatique est réalisée à chaque fois que la ligne qui fournit l'énergie à la charge n'est plus dans la plage acceptable de tolérance des valeurs (tension et fréquence). Les commutations manuelles sont toujours supervisées par la commande logique, n'autorisant que les transferts manuels sûrs.

Une fonction importante de l'appareil est le transfert « Break Before Make ». Ceci assure que les deux lignes ne sont jamais connectées en parallèle. Le CROSS assure également que la commutation entre deux sources d'énergies peut s'effectuer dans des conditions à la fois synchrones et asynchrones (selon la phase de la tension).

Comme nous l'avons montré dans le paragraphe précédent, un pourcentage considérable des erreurs dans l'approvisionnement de la charge (défaillances

dans l'approvisionnement énergétique) est dû à des erreurs dans la distribution. L'utilisation de Systèmes d'Inverseur de Source Statique permet la redondance fournie par deux sources indépendantes qui doivent être situées aussi près que possible de la charge. Ainsi, la part de la distribution cruciale (en aval du CROSS) est fortement réduite comparé à la protection standard.

B. Indications pour des systèmes de protection énergétique critiques

Dans le but d'obtenir le niveau de continuité et de protection de système requis pour des charges critiques, il est utile de considérer les éléments suivants :

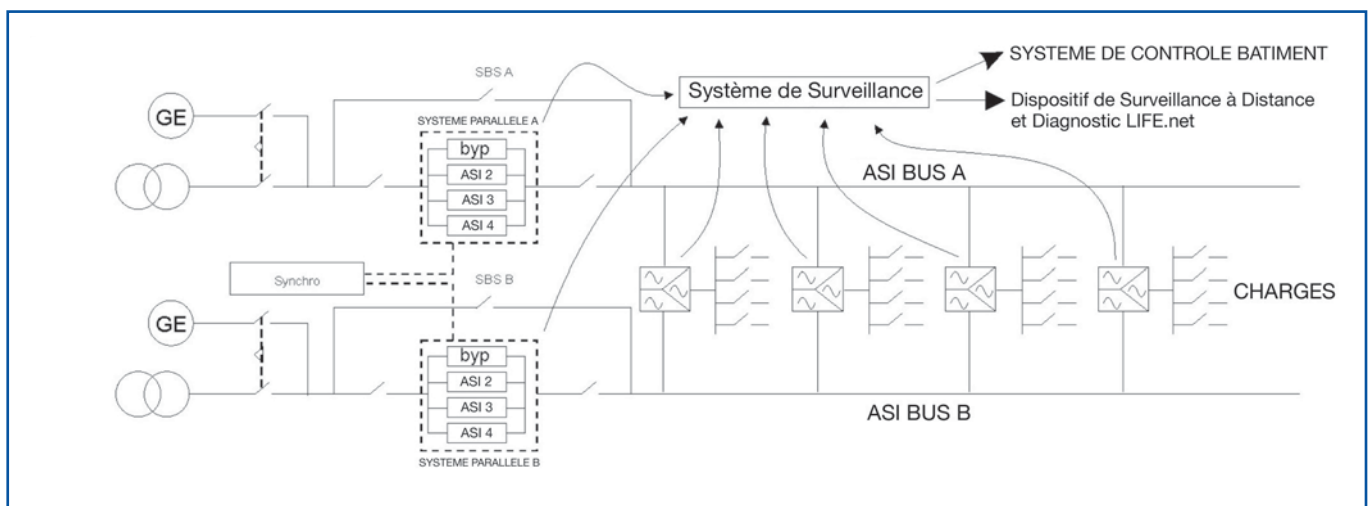
- l'architecture du système énergétique
- la technologie
- le type d'ASI et le dimensionnement correct des sources.

La réalisation d'un maintien de première qualité en utilisant les dispositifs de surveillance. Les options de surveillance permettent aux utilisateurs de garder sous observation le système impliqué dans la distribution de l'énergie tout entier. Il est plus facile de gérer un système énergétique si les appareils de protection énergétique communiquent entre eux et un système de station de surveillance centrale.

La fiabilité d'un système s'appuyant sur des architectures parallèles peut être augmentée à l'aide des inverseurs de source statiques CROSS. Quelques indications de conception sont illustrées ci-dessous.

La figure 1 illustre un exemple de montage d'inverseur de source statique dans un système critique.

Fig. 1:
Distribution double
attache avec inverseur de
source statique CROSS



Les deux sources consistent en des ASI redondantes en parallèle, alimentées par des sources indépendantes avec la possibilité d'insérer des unités génératrices d'énergie en cas de pannes électriques importantes prolongées.

Les appareils CROSS alimentent en énergie la charge en sélectionnant la source correcte.

Les deux ASI peuvent être maintenues synchrones (Mise en phases des tensions en sortie) pour assurer une commutation aussi rapide que possible. Un autre avantage de cette configuration est la façon dont le CROSS se comporte lorsqu'il y a un court-circuit en sortie. Sous une telle circonstance, le CROSS désactive la commutation, c'est à dire que le court-circuit est alimenté seulement par la source chargée au moment où le court-circuit s'est produit.

Si l'ampleur du court-circuit est à l'origine d'une fluctuation significative dans la tension de la source, tous les autres systèmes CROSS sont libres de commuter vers l'autre source.

Ceci signifie que la distribution en aval des systèmes CROSS n'est aucunement affectée par les effets potentiellement dommageables de courts-circuits dans une autre branche. Si les charges sont alimentées en double attache, chaque ligne d'approvisionnement peut être alimentée directement par les ASI en parallèle, c'est-à-dire que les CROSS sont seulement requis pour une alimentation unique de charge. Puisque habituellement, chaque ASI en parallèle est évaluée pour alimenter la charge en entier sans redondance, nous appellerons par la suite cette architecture « N + N » (Needed + Needed).

La solution sur la figure 2 montre une autre configuration d'ASI simple et de CROSS pour assurer la redondance pour certaines charges critiques. L'ASI

A est un système parallèle constituant une source d'énergie très fiable. Néanmoins il est seulement utilisé dans le cas d'une défaillance ayant lieu dans une ou plusieurs des ASI indépendantes (ASI 1, ASI 2, etc.) ou due à la distribution associée en aval.

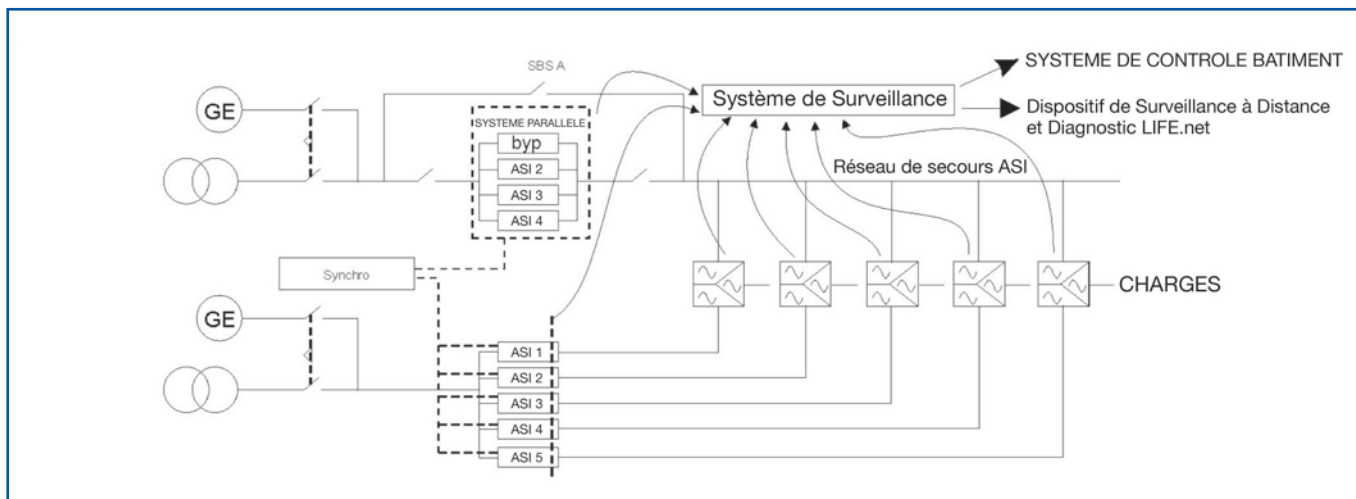
La puissance nominale du système de réserve est telle que des défaillances sur plus d'une ASI indépendante peuvent être prises en compte. La synchronisation entre les sorties des ASI et le système de réserve a la même fonction que celle vue dans la solution précédente, c'est-à-dire permettre aux CROSS de commuter en toute sécurité et aussi rapidement que possible entre les sources. Il est important de noter à quel point la redondance ininterrompue est créée entre les différentes sources synchrones sans utiliser des nœuds parallèles (à l'exception du système de réserve). Nous appellerons par la suite cette architecture « N+1 » (Needed + 1).

C. Onduleurs et comparaison de fiabilité des systèmes parallèles croisés.

L'objet de ce paragraphe est de mettre l'accent sur la valeur ajoutée, en terme de fiabilité, des architectures utilisant les CROSS. En utilisant les CROSS, la partie distribution en aval des deux ASI jusqu'aux charges alimentées (le chemin d'approvisionnement) est divisé en deux parties : en Amont et en Aval du CROSS.

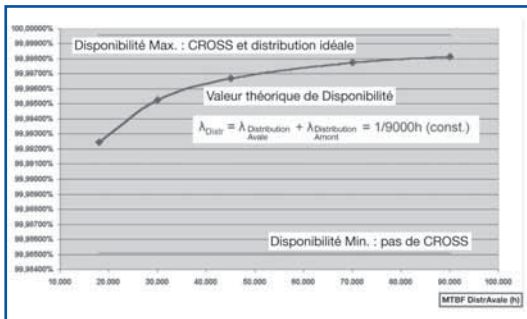
L'enchaînement des temps moyens entre deux pannes (MTBF) de la réunion des deux sections mise en cascade est toujours 9000h (constant et égal à la valeur estimée précédemment), tandis que le temps moyen entre deux pannes des parties en amont et en aval seules sont différentes pour calculer le taux de disponibilité.

Fig. 2:
Distribution redondante avec système parallèle de secours synchronisé avec inverseur CROSS



La figure 3 montre la disponibilité atteinte en utilisant des inverseurs de sources statiques CROSS. La somme des taux de panne de l'amont (entre l'onduleur et le CROSS) et la distribution en aval est maintenue constante et égale à 1/9000h. Le graphe

Fig. 3:
Disponibilité avec CROSS



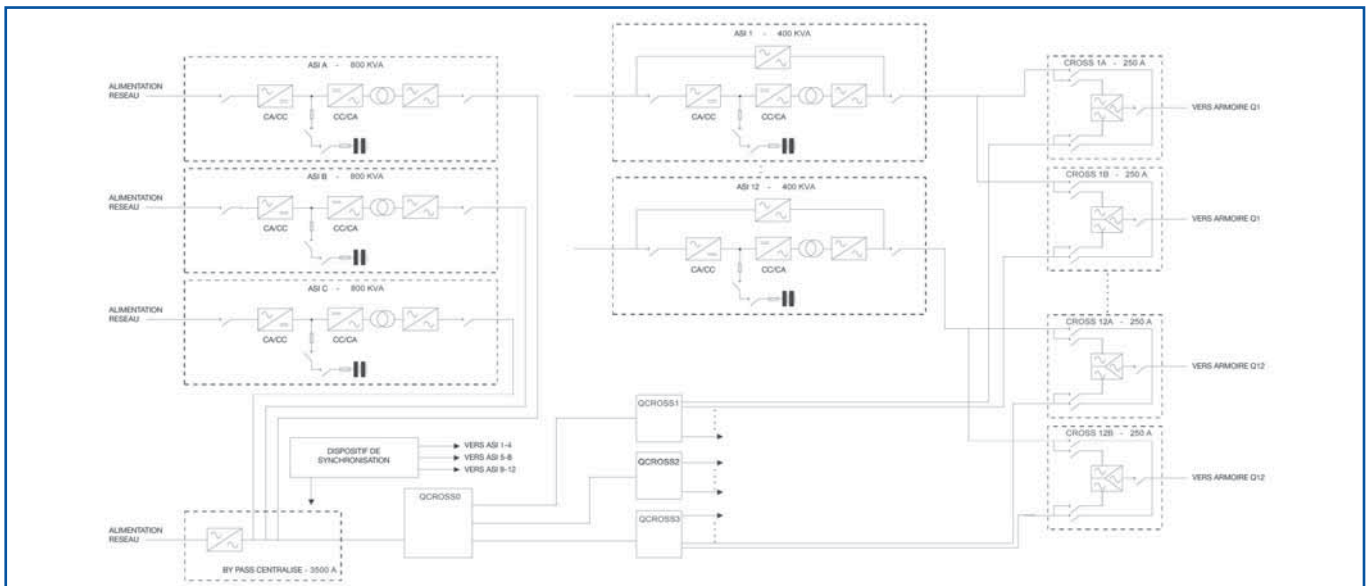
montre la tendance de la disponibilité lorsque le CROSS est déplacé en direction de la charge (c'est-à-dire en réduisant la quantité de distribution en aval depuis le CROSS) résultant en une augmentation du temps moyen entre deux pannes de la distribution en aval du CROSS contre une diminution en amont

du CROSS. La limite supérieure est la disponibilité maximale atteignable si la distribution en aval du CROSS a un taux de défaillance de zéro. La limite supérieure est la disponibilité minimale atteignable avec la même ASI et la même distribution mais sans le CROSS.

V. Etude de cas

Le système est composé de 12 sous-ensembles d'ASI indépendantes et d'un groupe de trois ASI en parallèle qui sont en veille. En cas de dysfonctionnement d'une des 12 ASI indépendantes, le système en veille commence à alimenter les charges adéquates grâce à une commutation CROSS appropriée. Dans cette installation, 24 CROSS sont en surveillance pour garantir la qualité d'alimentation exigée par des charges critiques. Le système de veille en parallèle est dimensionné pour pouvoir alimenter les charges critiques malgré la présence de

Fig. 4:
Système d'alimentation
d'urgence pour data
centers surveillé par
CROSS



jusqu'à six ASI indépendantes éteintes. L'étude de cas illustrée dans la fig. 4 fait référence à un centre de données situé en Italie, possédant une capacité de puissance nominale de 4800 kVA.

A. Comparaison des architectures « N + N » et « N + I »

Comme on a pu le voir dans les paragraphes précédents, les deux architectures proposées pour les systèmes de centres de données et que nous voulons comparer sont conçues comme suit :

1. Un système « N + N » (Needed + Needed) avec deux systèmes d'ASI centralisés en parallèle, chacun d'eux étant capable d'alimenter entièrement la charge installée si toutes les ASI sont disponibles ; la charge est composée de séries de charges alimentées en double (chaque appareil a deux lignes d'alimentation entièrement redondantes, A et B ; si les deux lignes sont sous tension, la charge est partagée entre les lignes d'alimentation A et B). Chaque ligne d'alimentation, A et B, de chaque série de charges est alimentée par deux inverseurs de sources statiques CROSS différents. Chaque inverseur CROSS est alimenté par les deux différents systèmes d'ASI parallèles. La priorité des lignes d'alimentation CROSS est conçue pour partager la charge entre les deux systèmes d'ASI en mode normal d'utilisation. Chaque système d'ASI est composé de 3 unités de puissance nominale apparente AN. Chaque système d'ASI est alimenté par une source primaire différente.

2. Un système « N + 1 » (Needed + 1) avec N ASI indépendantes en dérivation, chacun d'entre eux alimentant une entrée (source principale) de deux inverseurs de sources CROSS ; les deux inverseurs de sources CROSS alimentent la ligne A et la ligne B de la même série de charges décrite plus haut. L'autre entrée de tous les inverseurs CROSS est alimentée par un système d'ASI centralisé en parallèle en veille, composé de 3 unités de puissance AN. La puissance nominale des ASI indépendantes est AN/2. La source primaire alimentant le système en veille est différente des sources primaires alimentant les ASI en veille.

La capacité en puissance du premier système est conditionnée par le taux de puissance maximale autorisé pour l'inverseur de sources statique de chaque système d'ASI centralisé en parallèle. Pour des raisons de coût, de fiabilité et de disponibilité des composants, le taux maximal actuel pour un seul inverseur de sources statique dans les architectures d'ASI standard n'excède normalement pas 3500 A, ou un taux de 2400 kVA pour une tension nominale de 400 V en triphasé. Des inverseurs de sources statiques avec un taux actuel plus élevé peuvent être fabriqués spécialement. Comme on peut le voir dans l'étude de cas illustrée ci-dessus, la puissance nominale demandée est de 4800 kVA. Cela signifie qu'en utilisant des modules d'ASI standard de 800 kVA, l'architecture 1 demandera 2 systèmes « N + N » complets, chacun d'eux étant composés de deux systèmes centralisés en parallèle de 3 ASI chacun (12 onduleurs en tout). L'architecture 2 demandera 12 ASI indépendants en dérivation d'une puissance nominale de 400 kVA (on aurait aussi bien pu utiliser 6 ASI de 800 kVA) et 3 ASI de 800 kVA en configuration parallèle centralisée pour le système en veille. Pour les deux architectures, il y a des différences non négligeables dans les coûts de centrale électrique, dans les sources primaires et dans les coûts des ASI : le coût de l'architecture 2 est environ 20% plus faible que celui de l'architecture 1.

La fiabilité d'une architecture « N + N » est plus élevée que la « N + 1 », mais afin de satisfaire les exigences d'alimentation des charges en utilisant uniquement des produits standard, deux systèmes « N + N » complets sont nécessaires pour alimenter le centre de données en entier.

Il y a également des différences dans les facteurs d'utilisation des ASI (un facteur d'utilisation faible signifie une efficacité de conversion faible, donc plus de dissipation en chaleur). Dans l'architecture « N + N » décrite ci-dessus, la charge est partagée entre les

systèmes d'ASI totalement redondants, de manière à ce que le facteur d'utilisation de chaque unité (en supposant que tous les modules d'ASI fonctionnent normalement) soit de 50%. En architecture « N + 1 » les unités indépendantes délivrent 100% de la puissance nominale, tandis que le système en veille tourne normalement à une charge nulle en l'absence de pannes dans les ASI indépendantes (le taux d'utilisation global, pour l'étude, est de 66.67%)

Afin d'évaluer la fiabilité des deux architectures, on suppose que les systèmes « N + N » et « N + 1 » sont des systèmes non réparables, avec un taux de panne constant pour chaque composant (pas d'usure), et que les différents sous-systèmes sont indépendants et sans mémoire.

Supposons aussi que les sources primaires sont toujours disponibles ; ceci a été admis pour simplifier les calculs et pour se concentrer sur la différence de fiabilité des systèmes d'ASI uniquement et pas des sources primaires. Les seules pannes de batteries envisagées sont celles qui déclenchent les protections batterie. Cette hypothèse peut être considérée comme réaliste si nous avons des groupes électrogènes diesels de secours avec ajustement automatique de vitesse pour le réseau public, et que l'autonomie des batteries est toujours suffisante pour maintenir le système en fonctionnement pendant des changements de sources.

Les taux de panne des ASI sont déduits de l'expérience de terrain de Chloride et dépendent des facteurs d'utilisation. Les facteurs correcteurs pour les taux de panne ont été déduits par les spécifications MIL des semi-conducteurs de puissance. Dans l'architecture « N + 1 » le taux de panne de base des ASI est multiplié par 50 pour les ASI indépendantes, tandis que le taux de panne pour les ASI dans le système en veille est multiplié par 5. Dans l'architecture « N + N », le taux de panne pour les ASI dans les deux systèmes est multiplié par 25. Le facteur de stress n'a pas été appliqué aux inverseurs de sources statiques. La panne du système est définie comme l'interruption de l'alimentation pour une des deux séries de charges alimentées en double. L'architecture double a un MTBF (en considérant une seule série de charges) de 139 103 heures (environ 15,9 années), tandis que l'architecture « N + 1 » a un MTBF d'environ 146 103 heures (environ 16,7 années). Le MTBF d'une configuration « N + 1 » est 1,05 fois celui d'une configuration « N + N » ; les fiabilités des deux systèmes peuvent être considérées comme pratiquement égales.

En considérant les systèmes comme réparables, comme c'est le cas dans la réalité, si un sous-ensemble est réparé aussitôt que la première panne apparaît (les deux systèmes sont tolérants aux pannes dans n'importe quelle section), le MTBF des deux explose dans l'ordre des milliers d'années.

Dans les cas réels (systèmes réparables), les fiabilités des architectures « N + 1 » et « N + N » sont très proches, tandis que la « N + 1 » offre une réduction sensible des coûts d'installation et une utilisation plus efficace de l'énergie des ASI. La possibilité de maintenance est toujours un facteur clé : afin d'obtenir des disponibilités de cinq-neufs et de six-neufs, les systèmes doivent être tolérants aux pannes (respect égal des erreurs humaines) et facilement réparables avec des pièces de rechange toujours disponibles. Une maintenance efficace est réalisée si le système de diagnostic et de surveillance est capable de signaler n'importe quelle nouvelle panne en temps réel. En conséquence, un fournisseur de solutions de protection électrique de haute qualité doit être capable de délivrer un service réactif quand une maintenance corrective doit être entreprise et le client doit prendre soin de son système en souscrivant effectivement à des contrats de maintenance préventive, qui comprennent la surveillance à distance des ASI et des inverseurs CROSS effectuée par le fabricant.

VI. Conclusion

Les data centers exigent une disponibilité cruciale. L'interprétation fidèle des standards de conception, un contrôle de production de haute qualité, une utilisation et une maintenance intelligente font partie des facteurs importants. L'utilisation d'une alimentation d'urgence (ASI et groupes électrogènes) conçue avec la technologie la plus récente est la clé. Notre expérience de terrain montre que la fiabilité intrinsèque de la distribution est aussi critique pour la disponibilité permanente du système. Une part non négligeable des pannes est causée par des problèmes dans la l'installation ou la distribution plutôt que par la panne d'une des sources d'alimentation elles-mêmes. La conception avancée d'architecture d'inversion de sources statiques, utilisant le CROSS, ainsi qu'une attention particulière à la partie distribution peuvent considérablement améliorer la fiabilité du système électrique total pour accomplir des objectifs de mission cruciaux.

Glossaire

MTBF (Mean Time Between Failures): valeur théorique du temps de fonctionnement entre les pannes

MTTR (Mean Time To Repair): pour les systèmes réparables, c'est la valeur théorique du temps de restauration du système

MUT (Mean Up Time): valeur théorique du temps de fonctionnement

MDT (Mean Down Time): valeur théorique du temps d'arrêt

(Définitions des standards IEC 50 (191), éd. 1990)

CHLORIDE POWER PROTECTION

ZA Les Belles Vues
1 rue Félix Potin
91290 Arpajon
Téléphone : 01 69 26 12 81
Fax : 01 60 83 18 16
E-mail: france.sales@chloridepower.com
www.chloridepower.fr