

# Centro de dados da Internet (IDC)

## Concepção e considerações para missão crítica e desempenho do sistema.

**Resumo – Os clientes que utilizam ou dependem da prestação do serviço IDC exigem muitas vezes missões críticas de disponibilidade.**

Vários aspectos do design e da implementação de uma UPS devem ser considerados cuidadosamente para assegurar que os requerimentos são cumpridos. Interpretações fiéis do desenho standard, controlo de produção de alta qualidade, operações e manutenção inteligentes também estão entre os factores importantes.

O uso de um sistema de alimentação de emergência (UPS e Geradores) desenhado com a última tecnologia é a chave. A experiência demonstra que a fiabilidade do segmento de distribuição intrínseco (ligações, dispositivos de protecções, interligações, unidades de transferência, etc.) também é crucial para a continuidade na disponibilidade do sistema de energia. Uma parte significativa das falhas do sistema é causada por problemas na distribuição e não pelo fracasso da potencia nas próprias fontes. Este documento descreve como a fiabilidade da distribuição afecta a fiabilidade do conjunto dos sistemas de alimentação de energia no interior das instalações dos clientes e que não abordam a rede de energia pública. A utilização de técnicas avançadas de arquitecturas de comutação estática e especial atenção ao segmento de distribuição melhora dramaticamente a fiabilidade de todo o sistema de potencia para alcançar os objectivos críticos. Directrizes são propostas e as suas aplicações são demonstradas através de estudos de casos reais.

### I. Introdução

Mesmo antes dos recentes acontecimentos em todo o mundo, destacou-se a vulnerabilidade das telecomunicações para a redução da tensão ou apagões. Os prestadores de serviços IDC têm sido consistentes da importância da concepção e implementação de uma UPS.

A constante evolução da degradação das centrais eléctricas e da distribuição em redor das mesmas, da grande densidade que estas suportam e da menor capacidade que estão sujeitas, está actualmente longe das enormes exigências da IDC, anunciando assim uma nova era para as centrais eléctricas na fracção de intervalo em megawatt.

Uma revisão casual das mensagens populares promocionais entre "gestores de alojamento web" revela que a protecção contra a interrupção de energia eléctrica, segurança, ambiente e controlos ambientais são os benefícios mais elevados nas listas dos gestores do IDC a oferecer aos seus clientes.

A operação fiável de todo o sistema de energia depende de uma vigilância automatizada e de manutenções preventivas baseadas no entendimento do funcionamento do sistema, das falhas que possam existir e nos seus componentes. A discussão que se segue inspira-se fortemente na nossa experiência ao equipar diversos IDC's importantes em alguns clientes europeus e em mais de 6 anos de acompanhamento autenticado em mais de 3000 instalações em todo o mundo.

Internet Data Centres são compostos por um grande número de equipamentos informáticos ligando para milhões de usuários da Web.

As orientações propostas no final são o resultado deste órgão de experiência.

A disponibilidade exigida do sistema de alimentação de energia é de importância primordial. Como resultado o valor das soluções apresentadas é elevado. A percentagem disponível é a chave para avaliar o progresso técnico. No passado, esse valor foi 99,9 (três noves), hoje, em média é de 99,99 (quatro noves) e a meta para um futuro próximo é de alcançar um 99,9999 (seis noves) consistentes com valor percentual.

### II. Sistema de Alimentação de Emergência

A mais recente tecnologia oferece a solução ideal para o pedido de grande disponibilidade do abastecimento de energia eléctrica. A UPS (Uninterruptible Power Supply) é o dispositivo que pode garantir a continuidade necessária e a qualidade do abastecimento, proteger o equipamento de falhas da rede e também das suas variações.

Uma UPS de dupla conversão garante uma tensão e frequência estável. Dupla conversão AC/DC oferece mais garantias do que qualquer outra UPS: a entrada AC é convertida para DC em rectificadores controlados; um inversor na saída reconstrói a onda sinusoidal. Esta etapa pode também fornecer conversão de frequência. Em condições normais de funcionamento o modulo de dupla conversão alimenta a carga através do inversor, não sendo assim alimentada pela rede eléctrica, protegendo-a de qualquer perturbação que possa causar mau funcionamento do sistema.

#### A. Fiabilidade da arquitectura da UPS

Vamos analisar varias configurações de UPS, que vão das mais simples para os complexos sistemas em paralelo. Isto irá proporcionar uma visão das opções oferecidas pelos diferentes sistemas de UPS e permitirá que os usuários cheguem a um nível elevado de fiabilidade, através de utilização de elementos redundantes.

A base da UPS de dupla conversão não tem qualquer interruptor estático. A energia flui apenas entre o rectificador e o inversor. A próxima etapa diz respeito a UPS com interruptor estático. Este pode ser usado em stand-by em caso de falha do rectificador/inversor ou em caso de qualquer tipo de sistemas em paralelo.

As duas arquitecturas em paralelo mais importantes são: Arquitectura paralela distribuída e arquitectura paralela concentrada. O sistema paralelo distribuído consiste em ter unidades idênticas com interruptor estático. Também pode ser equipado com um sistema manual de ByPass, este que pode ser utilizado para manutenção. Este interruptor é indispensável para sistemas distribuídos em mais de 2 unidades. Neste caso, se este interruptor não está incluído o sistema não pode passar para ByPass para manutenção sem cortar a alimentação a sua carga.

Esta configuração combina flexibilidade e fiabilidade. A sua capacidade pode ser aumentada simplesmente adicionando outra unidade aos que já estão em serviço.

O sistema paralelo centralizado consiste em unidades sem interruptor estático. As unidades são todas idênticas e o interruptor estático é geralmente colocado num compartimento especial. Esta montagem do interruptor estático pode alterar toda a potencia nominal da carga utilizando um sistema de stand-by a entrada. A principal vantagem do sistema paralelo centralizado é que o sistema é menos complexo do que o sistema de paralelo distribuído nos subsistemas de potencia e controlo.

Por esta razão, o MTBF da configuração centralizada é ligeiramente superior ao MTBF da configuração distribuída. Resultados de MTBF superiores num sistema menos flexível não é aconselhável para instalações em que a carga nominal está sujeita a variações significativas durante o ciclo de vida do sistema da UPS.

A Tabela I mostra os valores de MTBF de um sistema em paralelo de UPS. Estes valores foram obtidos através de um acompanhamento no terreno dos sistemas de UPS ilustrados no prazo de 1 ano (assumindo que tem baterias de longa duração e 2 horas de MTTR).

Tabela I  
Comparação MTBF entre sistemas diferentes de UPS.

Sistemas UPS	MTBF (kh)
UPS sem ByPass estático	90
UPS com ByPass estático	300
Paralelo Distribuído (2 unidades)	380
Paralelo Centralizado (2 unidades)	400

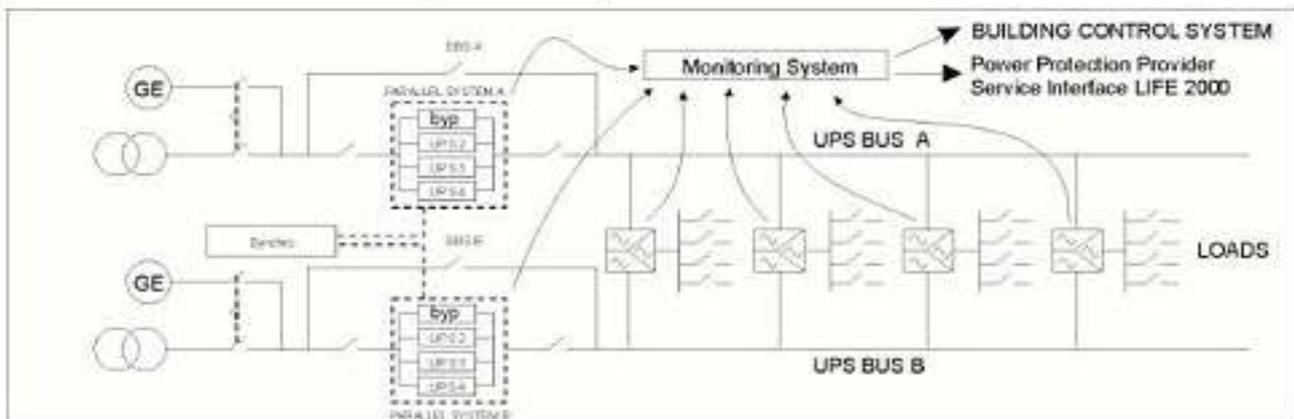


Fig. 1: Distribuição de bus dupla com sistema de interruptor estático STS

### III. Fiabilidade do sistema de distribuição

A nossa experiencia diz que a fiabilidade do segmento de distribuição entre a UPS e as cargas afecta a disponibilidade de toda a potência do sistema de protecção. O sistema de controlo remoto foi utilizado para medir a qualidade da energia de entrada na UPS instalada.

Este sistema de controlo remoto (chamado LIVE) pode exibir a distribuição das falhas de alimentação e distúrbios em função da sua duração.

A nossa pesquisa, que é totalmente explicada em [2], está destinada a medir as diferentes taxas de insucesso e taxas de recuperação das interrupções devido a alta tensão da rede de distribuição pública e devido a rede de distribuição de baixa tensão nas instalações do cliente, utilizando o sistema descrito como uma ferramenta de recolha de dados.

Em [2] é mostrado que o tempo em baixa devido a longas interrupções não é devido a uma fraca qualidade da rede de distribuição pública, mas sim relacionada com a fiabilidade do segmento de distribuição de baixa tensão a montante da UPS.

Se assumirmos uma taxa de fracasso constante para a rede de abastecimento público, bem como o segmento de distribuição e se considerarmos o MDT (Mean Down Time) como uma taxa de reparação constante obtemos a seguinte estimativa de insucesso, onde MUT é Mean Up Time:

$$\text{MUTPSN} \approx 500\text{h} \Rightarrow \lambda_{\text{PS}} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ h}^{-1}$$

$$\text{Com MDTPSN} \approx 100\text{s} \quad N \quad \text{h}$$

Para redes de distribuição pública

$$\text{MUTDISTR} \approx 9000\text{h} \Rightarrow \lambda_{\text{DIST}} = 1,111 \cdot 10^{-4} \text{ h}^{-1}$$

$$\text{Com MDTDISTR} \approx 4650\text{s} (\approx 1,3\text{h})$$

Para uma distribuição média baixa nas instalações do cliente

Na sequência do MTBF a montante da distribuição será usado como pior caso na confiabilidade para jusante da distribuição da UPS.

### IV. Orientações para a realização da missão para disponibilidade crítica

#### A. Nível do sistema com interruptores estáticos (STS)

A montagem do interruptor estático, a seguir referenciado como STS, garante uma fonte de alimentação redundante tão próximo quanto possível das cargas críticas, permitindo uma mudança controlada e independente entre duas fontes de alimentação AC.

A auto-comutação é realizada sempre que a linha que fornece energia para a carga não está dentro dos valores aceitáveis pela tolerância (tensão e frequência).

A comutação manual é sempre supervisionada pelo controlo lógico, permitindo apenas transferências manuais seguras.

Uma função importante deste dispositivo é transferência "Break Before Make". Isto garante que as duas linhas nunca são ligadas em paralelo.

As duas fontes consistem num sistema de UPS em paralelo redundante alimentado por fontes independentes com a possibilidade de inserir geradores em caso de falha prolongada de corrente eléctrica.

Os dispositivos STS alimentam a carga seleccionando a fonte correcta.

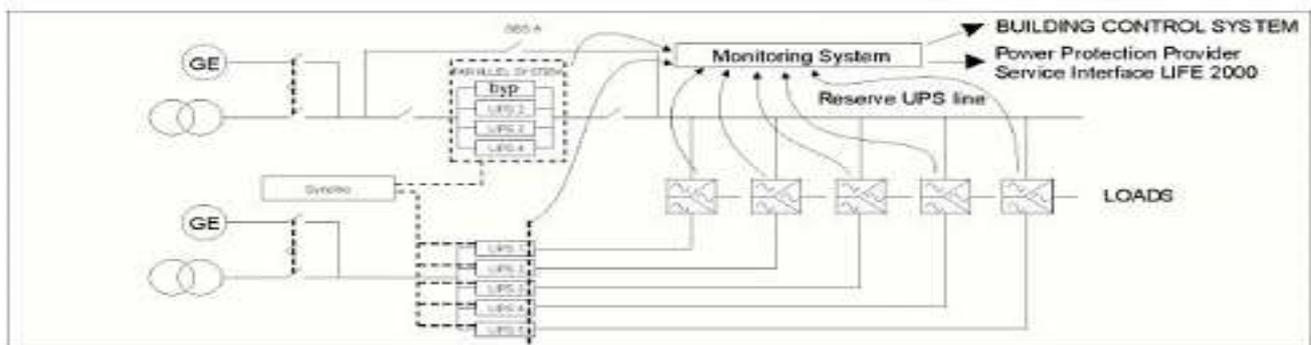


Fig. 2: Distribuições redundantes com sistema paralelo de reserva e com operações controladas do STS

O STS também assegura que a mudança entre as duas fontes de alimentação ocorre no âmbito das duas condições, síncrona e assíncrona (em relação a fase).

Uma percentagem de falhas considerável [2] em alimentação da carga (falha de alimentação de energia) é causada por falhas de distribuição. A utilização da arquitectura do sistema de interruptor estático permite a redundância fornecida por duas fontes independentes localizadas o mais perto possível das cargas. Por isso, a quantidade de distribuições críticas (a jusante do STS) é muito reduzido comparando a protecção padrão.

Os dois sistemas de UPS podem ser mantidos síncronos (cruzamento da fase de tensão de saída) a fim de garantir que a mudança ocorra o mais rápido possível. Mais uma vantagem desta configuração é a maneira como se comporta o STS se existir um curto-circuito na saída. Sob esta circunstancia o STS desactiva a comutação, ou seja, o curto-circuito é apenas alimentado quando este ocorre.

Se o curto-circuito provoca uma magnitude significativa na flutuação da tensão na fonte relevante, todos os outros STS são livres de mudar para outra fonte.

Isto significa que a distribuição a jusante do STS não é de alguma forma afectada pelos potenciais danos de curto-circuito noutros ramos. Se as cargas são alimentadas por duas fontes, cada linha de fornecimento pode ser alimentada directamente por um sistema de UPS em paralelo, ou seja, os STS são estritamente necessários somente para cargas que sejam alimentadas por uma linha. Uma vez que o sistema de UPS em paralelo esta classificado para alimentar toda a carga sem redundância, nós chama-mos esta arquitectura de "N+N" (Necessário mais Necessário) [2].

A solução na figura 2 mostra uma outra configuração de uma UPS e STS a fim de garantir redundância de cargas críticas. O sistema da UPS A é um sistema em paralelo muito fiável e utilizado como uma fonte de espera. Por isso, este sistema só é usado em caso de falha de uma ou mais UPS (UPS 1, UPS 2, etc.) ou devido a falhas na distribuição a jusante. A potência nominal do sistema de espera e de tal ordem que falhas simultâneas em mais do que uma UPS podem ser contabilizadas.

A sincronização entre as saídas dos sistemas das UPS e o modo de espera do sistema tem a mesma função do observado na solução anterior, ou seja, permitir que o STS mude de forma segura e tão rapidamente quanto seja possível entre as fontes.

## B. Orientações para sistema de protecções críticas

A fim de obter o nível de continuidade e o nível do sistema de protecção necessária para as cargas críticas é necessário que tome em consideração os seguintes itens: Layout do sistema de energia, a tecnologia e o tipo de UPS e o dimensionamento correcto das fontes.

Atingindo uma manutenção premium usando as opções de monitorização adequadas. Opções de monitorização, permitir que todos os usuários mantenham todo o sistema envolvido na distribuição de energia sob observação. É mais fácil gerir um sistema de energia se os dispositivos de protecção comunicarem entre si e com um sistema central de monitorização.

A fiabilidade de um sistema de arquitectura em paralelo pode ser aumentado usando um interruptor estático (STS). Algumas orientações de design são ilustradas abaixo. A Figura 1 ilustra um exemplo da utilização de um interruptor estático num sistema crítico.

É importante notar como a redundância ininterrupta é criada entre as varias fontes sem utilizar os nós de paralelo síncrono (excepto no sistema de stand-by). Vamos chamar esta arquitectura de "N+1" (N = numero de UPS mais um sistema de stand-by).

A Figura 3 mostra a disponibilidade alcançada utilizando o sistema de interruptores estáticos STS. O gráfico mostra a evolução da disponibilidade como o STS é movido na direcção da carga (por exemplo, redução da quantidade de distribuição a jusante do STS), resultando num aumento do MTBF na distribuição a montante do STS e contra uma diminuição a jusante do STS. O limite superior é o máximo da disponibilidade obtida se a distribuição a jusante do STS apresentar uma taxa de falha igual a zero. O limite inferior é o mínimo de disponibilidade obtida com o mesmo sistema de UPS e de distribuição mas sem STS.

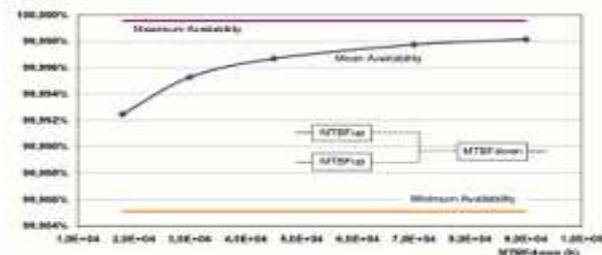


Fig. 3: Disponibilidade com STS

## V. Caso de estudo

O sistema é composto por 12 sistemas de UPS stand-alone e um grupo de 3 UPS em paralelo, que estão em estado de stand-by. Em caso de avaria de algum dos 12 sistemas stand-alone, o sistema stand-by começa a alimentar as cargas apropriadas através da acção de comutação apropriada do STS.

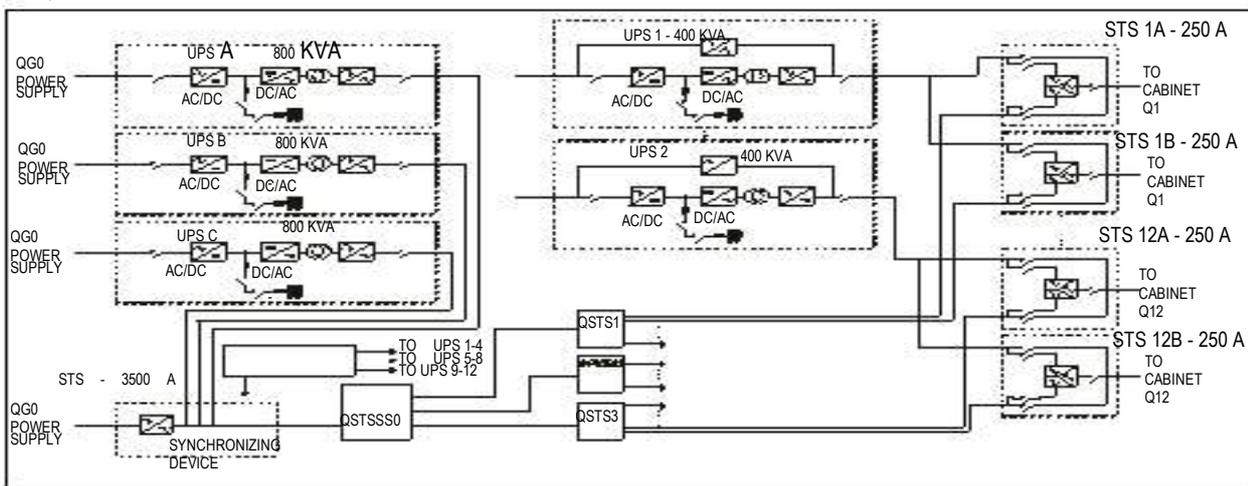


Fig. 4: STS controlled IDC emergency supply system

### C. Comparação de confiabilidade entre UPS e sistema de STS em paralelo.

O objectivo deste ponto é concentrar-se na fiabilidade de sistemas de valor "N+N" (ver figura 1) usando o STS. Ao usar o STS, a distribuição a jusante do ponto de dois sistemas que alimentam a carga (caminho de fornecimento) é dividido em duas partes: a montante e a jusante do STS.

O valor de MTBF das duas secções a montante e da unica secção a jusante foram variados para o calculo da tendência de disponibilidade (detalhes completos em [2]).

Nesta instalação 24 STS estão em constante assistência a fim de garantir a qualidade exigida pelas cargas críticas. O sistema de paralelo stand-by é classificado para alimentar as cargas críticas no caso de acontecer um shutdown ate seis subsistemas de UPS. O estudo do caso, ilustrado na figura 4, remete para um IDC localizado em Itália com uma capacidade de potência nominal de 4800kVA.

### A. Comparação de arquitecturas "N+N" e "N+1"

Temos considerado os vários sistemas anteriormente descritos como reparáveis. Para esta comparação vamos considerar os sistemas "N+N" e "N+1" como não reparáveis.

Como pode ser visto a partir dos números anteriores, as duas arquitecturas propostas para os sistemas de energia IDC que queremos comparar são concebidos como segue:

1. O sistema "N+N" (Necessário + Necessário) com dois sistemas centralizados de UPS em paralelo, cada um deles sendo capaz de alimentar toda a carga instalada somente se todos os UPS estiverem disponíveis; a carga é alimentada por duas alimentações em bancos (cada dispositivo tem duas linhas de alimentação completamente redundantes, A e B; se as linhas estão ambas alimentadas, a carga é partilhada entre a oferta da linha A ou B), cada linha de alimentação, A e B, de cada banco é alimentada por dois interruptores estáticos STS. Cada interruptor STS é alimentado por diferentes sistemas de UPS em paralelo. A prioridade do STS é fornecer linhas dispostas a partilhar a carga entre os dois sistemas de UPS em condições normais de funcionamento. Cada sistema de UPS é composto por 3 unidades de potencia nominal aparente (A N). Cada sistema UPS é alimentado por outra fonte primaria.
2. Um sistema "N+1" (Necessário + 1) com N UPS stand-alone com bypass, cada uma delas alimentando uma entrada (de preferência fonte) de dois interruptores estáticos STS; os dois interruptores estático STS fornece a linha A e a linha B a partir do mesmo banco, como descrito acima. As outras entradas de todos os interruptores STS são fornecidos por um sistema stand-by centralizado de UPS em paralelo, feita de 3 unidades de potencia AN. A potência nominal de uma UPS stand-alone é A N/2. A principal fonte que alimenta o sistema stand-by é diferente das fontes principais que alimentam a UPS stand-alone.

A capacidade de energia do primeiro sistema esta condicionada pela potencia máxima permitida para o interruptor estático de cada sistema centralizado de UPS em paralelo. Pelo custo, razoes de confiabilidade e disponibilidade de componentes, a classificação de corrente máxima a passar num interruptor estático numa arquitectura normal de uma UPS normalmente não ultrapassam os 3500A, ou 2400kVA em sistemas de classificação de tensão nominal trifásica de 400V. Interruptores estáticos com classificação de corrente superior podem ser fabricados como produtos especiais. Tal como é mostrado no estudo do caso a cima ilustrado, a potência nominal atingida é de 4800kVA. Isto significa que utilizando módulos padrão de UPS de 800kVA, a primeira arquitectura irá ter 2 sistemas completos "N+N", cada um deles feito de dois sistemas centralizados em paralelo com 3 UPS cada (12 no total). A arquitectura número 2 vai exigir 12 UPS stand-alone com bypass com potência nominal de 400kVA (também poderiam ser usados 6 módulos de 800kVA), e 3 módulos na configuração centralizada em paralelo de 800kVA para o sistema de stand-by. Para as duas arquitecturas existem diferenças significativas nos custos da rede eléctrica, nas fontes primárias e no custo da UPS: o custo da segunda arquitectura é cerca de 20% mais baixo do que a primeira arquitectura.

A fiabilidade de uma arquitectura "N+N" é mais elevada do que uma "N+1", mas para satisfazer as necessidades energéticas da carga com produtos padrão, são necessários dois sistemas completos "N+N" para alimentar todo o IDC.

Também existe diferenças nos factores de utilização de energia da UPS (menor factor de utilização significa menor eficiência de conversão, assim existe maior dissipação de calor). Na arquitectura "N+N" acima descrita a carga é partilhada pelos sistemas UPS totalmente redundantes, de modo que o factor de utilização de cada unidade (partindo do principio que todos os módulos da UPS estão a funcionar normalmente) é de 50%. Na arquitectura "N+1" as unidades stand-alone entregam 100% da potencia nominal, enquanto que o sistema stand-by é executado normalmente sem carga na ausência de falhas nas UPS stand-alone (a utilização global, para o estudo do caso, o factor é 66.67%). A fim de estimar a fiabilidade das duas arquitecturas, é suposto que os sistemas "N+N" e "N+1" não são sistemas reparáveis, com a taxa de fracasso constante para cada componente, e que os diversos subsistemas são independentes e sem memória.

Suponha também que as fontes primarias estão sempre disponíveis; isto foi indicado para simplificar os cálculos e concentrar a atenção apenas na diferença da fiabilidade dos sistemas de energia das UPS e não das fontes primarias. As únicas falhas consideradas da bateria (para baterias VRLA de vida longa, ver [4] para definição de vida operativa) são aquelas que provocam ligeiras protecções DC. Esta hipótese pode ser considerada realista se tivermos backup de geradores a disel com mudanças automáticas para a rede publica ou a autonomia das baterias for suficiente para aguentar o sistema durante a troca de fontes.

As taxas de insucesso da UPS deduzem-se pela experiencia de campo e dependem de factores de utilização. Os factores de correcção para as taxas de falhas foram deduzidos utilizando especificações MIL [5] para os semicondutores de energia. Na arquitectura "N+1" a taxa básica de falha da UPS é multiplicada por 50 para o sistema UPS stand-alone, enquanto a taxa de falha no sistema UPS stand-by é multiplicado por 5. Na arquitectura "N+N" a taxa de falhas em ambos os sistemas é multiplicado por 25. O factor stress não foi aplicado aos interruptores estáticos. Os resultados dos cálculos (ver Appendix) são ilustrados abaixo. Falha do sistema é definido como a interrupção de fornecimento de energia a uma carga com dupla alimentação. Uma arquitectura dupla "N+N" tem um MTTF (considerando com apenas uma carga) de  $139 \times 10^3$  horas (cerca de 15,9 anos), enquanto a arquitectura "N+1" tem um MTTF perto de  $146 \times 10^3$  horas (cerca de 16,7 anos). O MTTF da arquitectura "N+1" é 1.05 vezes o MTTF da arquitectura "N+N"; a durabilidade de ambos os sistemas podem ser considerados praticamente iguais.

Considerando os sistemas reparáveis, como no mundo real, se algum subsistema é reparado logo que ocorra a primeira falha (ambos os sistemas são tolerantes as falhas em qualquer secção) o MTBF vai explodir na faixa dos milhares de anos.

Em casos reais (sistemas reparáveis), a durabilidade das arquitecturas "N+1" e "N+N" são muito próximas, enquanto que o "N+1" oferece sempre a instalação do sistema mais barato e mais eficiente.

A manutenção é um factor chave: tendo em vista a obtenção da disponibilidade de cinco e seis noveos o sistema deve ser tolerante a falhas (mesmo que seja erros humanos) e facilmente reparáveis com peças sobresselente sempre disponíveis.

Uma manutenção eficiente é alcançada se o diagnóstico e o sistema de monitorização for capaz de revelar qualquer sinal de falha em tempo real. Por conseguinte, uma solução de protecção de energia de alta qualidade deve ser capaz de fornecer um serviço quando uma acção de manutenção tem de ser tomada e que o cliente deve tomar conta do seu sistema efectuando contratos de manutenção preventiva eficazes, que incluam a monitorização remoto da UPS e dos interruptores STS operados pelo fabricante.

## VI. Conclusões

Os centros IDC exigem muitas vezes uma disponibilidade crítica. A interpretação fiel das normas de desenho, o controlo de uma produção de alta qualidade, uma operação e manutenção inteligentes estão entre os factores importantes. A utilização de um sistema de alimentação de emergência (UPS e Geradores) concebido com a mais recente tecnologia é fundamental. A nossa experiência em campo mostra que a fiabilidade intrínseca da distribuição também é crucial para a continuidade da disponibilidade do sistema de energia. Uma parte significativa das falhas no sistema é causada por problemas na distribuição e não pelo fracasso das fontes de energia próprias. O design avançado das arquitecturas de comutação estática, usando o STS e uma atenção especial ao segmento de distribuição pode melhorar dramaticamente a fiabilidade do sistema de energia para realizar missões de objectivos críticos.

A arquitectura "N+1" é a solução mais eficaz em termos de custos e pode ser considerada a preferida para sistemas de alta potencia e missões críticas. A arquitectura "N+N" pode ser considerada a melhor para sistemas de baixa e media potencia.

## VII. Reconhecimento

Os autores gostariam de agradecer ao Prof. Enrico Sangiorgi do DIEM, Universidade de Udine, pela valiosa discussão sobre a fiabilidade do sistema.

## VIII. APPENDIX

A estimativa da fiabilidade dos sistemas "N+N" e "N+1" foram realizadas sob os seguintes pressupostos gerais:

- Os sistemas não são reparáveis;
- A taxa base de insucesso é constante ao longo do tempo, subsistemas são independentes e sem memoria. Desta forma a confiabilidade exponencial é assumida para cada subsistema;
- Os factores de stress são aplicados a taxa base de falhas na UPS em função ao factor de utilização media;
- Fontes primarias estão sempre disponíveis;

Confiabilidade  $R(t)$  é a probabilidade de que um dispositivo pode operar dentro de limites especificados de tempo durante o intervalo  $[0, t]$ , em condições dadas. MTTF (ver glossário) é calculado como:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

Em primeiro lugar  $R(t)$  foi calculada a definição de disponibilidade do sistema de carga para cada banco se existe energia suficiente para entregar aos utilizadores através da UPS ou do Bypass dos interruptores estáticos, e não considerando a fiabilidade dos interruptores estáticos STS. Para os sistemas "N+N" nós temos:

$$R_{N+N}(t) = \left[ \begin{array}{l} e^{-\gamma_{SS} SSOFT} + R_{red}(t, \frac{N}{2}, N, R_{UPS}(t)) - e^{-\gamma_{SS} SSOFT} \\ R_{red}(t, \frac{N}{2}, N, R_{UPS}(t)) \end{array} \right] e^{-\gamma_{SSS} SSOFT}$$

Onde  $R_{UPS}(t)$  é a confiabilidade de uma UPS de conversão dupla (rectificador, bateria, inversor sem bypass estático) e  $\gamma_{SS}$  (falha em aberto e falha curta) são as taxas de falhas de um interruptor estático.

$$R_{red}(t, k, h, R(t)) = \sum_{i=k}^h C_h^i R^i(t) (1-R(t))^{h-i}$$

Se vários sistemas "N+N" são necessários para alimentar toda a carga, a confiabilidade é  $(R_{N+N}(t))^{N_{sist}}$ .

O MTTF mostrou no paragrafo anterior que foi calculado assumindo  $N=3$  e  $N_{sist}=2$ .

Para sistemas "N+1", era suposto existirem  $N=12$  UPS stand-alone com bypass e  $M=3$  UPS stand-by em sistema de paralelo centralizado; A confiabilidade é:

$$R_{N+1}(t) = 1 - \prod_{i=1}^4 (1 - P_i)$$

Onde

$$P_i = P_{\alpha} \left( \frac{N}{2} + 2(i-1) \right) P_{\beta}^{M-(i-1)} \text{ Para } i = 1 \text{ to } 3$$

$$P_i = P_{\alpha} (N) \text{ Para } i = 4$$

$$P_{\alpha} (i) = C_N^i R_{UPS\&BYP}^i(t) (1 - R_{UPS\&BYP}(t))^{N-i}$$

Por ultimo, a fiabilidade dos interruptores estáticos STS foi incluído no calculo utilizando uma aproximação justa: sendo os bancos de carga da linha A e B alimentados por dois STS, o fornecimento de energia para carregar um banco é assegurado pelo menos por um dos dois interruptores STS funcionando correctamente (o que nos leva a uma sobreavaliação de confiabilidade). Assim:

$$R^*(t) = (R_{N+N}(t) \text{ ou } R_{N+1}(t)) \cdot R_{red}(t, 1, 2, R_{STS}(t))$$

Onde

$$R_{STS}(t) = (2e^{-\lambda_{SSOFT} t} - e^{-2\lambda_{SSOFT} t}) e^{-2\lambda_{SSSF} t}$$

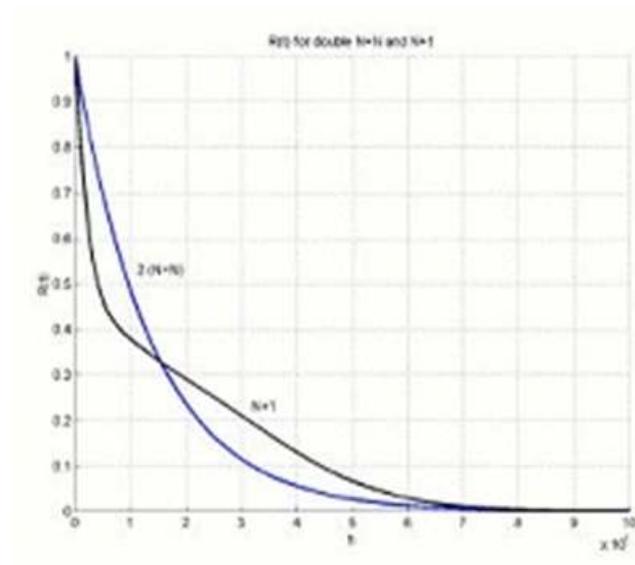


Fig. 5: Curva de fiabilidade

Curvas de fiabilidade de fornecimento de energia para um único banco de carga de "N+N" e "N+1" duplos é mostrado na fig. 5

#### IX. Referencias

- [1] Charles E. Ebeling, "Reliability and Maintainability Engineering", Mc Graw Hill, 1997
- [2] M. Grossoni, R. Huempfer, E. Cevenini and C. Bertolini, J. Profeta, "Internet Data Centres (IDC): Design considerations for mission critical power system performance".. Conference proceedings of INTELEC 2001 (Twenty-third International Telecommunications Energy Conference)
- [3] W. Pitt Turner IV, P.E. and Kenneth G. Brill. "Industry standard tier classifications define site infrastructure performance", White paper, The Uptime Institute, 2001
- [4] "The Eurobat Guide", 2000
- [5] MIL-HNDBK-217F military handbook for "Reliability prediction of electronic equipment"

#### X. Glossário

MTBF (Mean Time Between Failures): valor de tempo estimado de funcionamento entre avarias.  
 MTTF (Mean Time to Failure): valor de tempo estimado de funcionamento para falha.  
 MTTR (Mean Time to Restoration): valor de tempo estimado para restauro.  
 MUT (Mean Up Time): valor de tempo estimado de funcionamento  
 MDT (Mean Down Time): valor de tempo estimado para falha.  
 (Definições da norma IEC 50 (191), ed. 1990)