



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Avaliação de desempenho em unidades de fornecimento ininterrupto

Nuno Martins

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Eletromecânica
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor António Espírito Santo

Covilhã, Outubro de 2014

Folha em branco

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador na dissertação, o professor Doutor António Espírito Santo pela disponibilidade, dedicação e apoio prestado na elaboração desta dissertação.

Agradeço à minha família pelo seu apoio e força para concluir esta dissertação do mestrado em Engenharia Eletromecânica.

Folha em branco

Resumo

A UPS é sem dúvida um dos componentes mais críticos presentes num Data Center, uma vez que é dele que depende a sua continuidade de serviço. A falha do sistema UPS provoca de imediato um tempo de paragem, sem ter oportunidade de promover paragens controladas. Um sistema UPS é o suporte fundamental ao funcionamento dos sistemas de tecnologia de informação.

Como o custo da energia continua a aumentar, o desempenho dos Data Centers tornou-se crucial. Por essa razão os Data Centers sofrem várias alterações evolutivas, devido à pesquisa constante da combinação ideal de um maior desempenho com uma maior confiabilidade. Por causa da crise económica têm surgido novas tendências, como a computação em nuvem, que estão a reforçar a grande importância da indústria dos Data Centers. Devido a essa crise, as UPS utilizadas em Data Centers devem apresentar uma boa eficiência energética, pois estes utilizam tecnologias que maximizam a eficiência em ambientes redundantes, o que permite a gestão da energia ao controlar o seu consumo e a sua distribuição. Além disso, as UPS devem ser mais eficientes, com cargas mais leves para reduzir o consumo global de energia dos Data Centers.

Palavras-chave

UPS, qualidade de energia, armazenamento de energia elétrica, eficiência energética.

Folha em branco

Abstract

The UPS is no doubt one of the most critical components in a Data Center, since it is dependent on your continued service. The failure of the UPS system causes an immediate stop time, without having the opportunity to promote controlled stops. A UPS system is the fundamental support to the operation of information technology systems.

As the cost of energy continues to increase, the performance of Data Centers has become crucial. For this reason Data Centers suffer several evolutionary changes, due to the constant search of the ideal combination of increased performance with greater reliability. Because of the economic crisis have emerged new trends such as cloud computing, are reinforcing the importance of the Data Center industry. Due to this crisis, the UPS used in Data Centers must provide good energy efficiency because they use technologies that maximize efficiency in redundant environments, allowing energy management to control their consumption and its distribution. Moreover the UPS should be more efficient with lighter loads to reduce the overall energy consumption of Data Centers.

Keywords

UPS, Power quality, electric energy storage, energy efficiency.

Folha em branco

Índice

Capítulo 1	1
1.1 Introdução	1
1.2 Motivação pessoal	1
1.3 Objetivos	1
1.4 Aspectos mais relevantes	1
1.5 Breve resumo	2
1.6 Organização da dissertação	2
Capítulo 2	3
2.1 Qualidade da energia elétrica e os seus problemas	3
2.2 Transitórios	4
2.2.1. Impulsivos	4
2.2.2. Oscilatórios	6
2.3 Interrupções momentâneas	6
2.4 Cava de tensão ou <i>sag</i>	8
2.5 Subtensão de longa duração	9
2.6 Sobretensão de curta duração ou <i>swell</i>	9
2.7 Sobretensão de longa duração	9
2.8 Distorção de forma de onda	10
2.8.1. Offset de corrente contínua	10
2.8.2. Harmónico	11
2.8.3. Inter-harmónico	12
2.8.4. Notching	12
2.8.5. Ruído	12
2.8.6. Flutuações de tensão	13
2.8.7. Variações de frequência	14
Capítulo 3	15
3.1 UPS Dinâmica	15
3.2 UPS dinâmica com motor-gerador/baterias	15
3.3 UPS dinâmica com motor acoplado	16
Capítulo 4	17
4.1 UPS estáticas	17
4.2 Diferentes topologias de UPS estáticas	17
4.2.1. UPS Offline ou Standby	17
4.2.2. UPS de linha interativa	18
4.2.3. UPS standby-ferro	19
4.2.4. UPS de dupla conversão em linha	20
4.2.5. UPS de conversão delta em linha	21

4.3	Vários sistemas de configuração de UPS	22
4.4	Comparação das características técnicas de várias UPS	27
Capítulo 5	.....	29
5.1	Sistemas de ligação à terra para UPS	29
5.2	Transformadores de isolamento em sistemas de UPS	30
5.3	Sistemas de UPS sem transformadores de isolamento	36
5.4	Comparação entre de sistemas de UPS transformadores de isolamento e sem transformadores	38
Capítulo 6	.....	40
6.1.	Armazenamento de energia em UPS	41
6.2.	Baterias	41
6.2.1.	Bateria de ácido-chumbo	42
6.2.2.	Bateria de ácido-chumbo seladas	43
6.2.3.	Bateria de ácido chumbo ventilada	45
6.2.4.	Bateria de níquel-cádmio	46
6.2.5.	Bateria de iões de lítio	46
6.3.	Volantes de inércia (<i>Flywheel</i>).....	47
6.4.	Supercondensadores	49
6.4.1.	Taxonomia de supercondensadores	51
6.5.	Armazenamento de energia magnética supercondutora	52
Capítulo 7	.....	55
7.1	Normas aplicadas nos Data Centers	55
Capítulo 8	.....	58
8.1.	Eficiência energética em Data Centers	59
Capítulo 9	.....	62
9.1	Conclusão	63
Bibliografia	.....	64

Folha em branco

Folha em branco

Lista de Figuras

Figura nº 2.1 - Impulso transitório positivo	4
Figura nº 2.2 - Ilustração de um campo magnético criado por uma descarga atmosférica	5
Figura nº 2.3 - Transitório oscilatório.....	6
Figura nº 2.4 - Interrupção momentânea	8
Figura nº 2.5 - Cava de tensão.....	8
Figura nº 2.6 - Subtensão	9
Figura nº 2.7 - Sobretensão de curta duração ou <i>swell</i>	9
Figura nº 2.8 - Sobretensão	10
Figura nº 2.9 - Offset de CC.....	11
Figura nº 2.10 - Típica distorção harmónica	11
Figura nº 2.11 - Distorção da forma de onda do inter-harmónico.....	12
Figura nº 2.12 - <i>Notching</i>	12
Figura nº 2.13 - Ruído	13
Figura nº 2.14 - Flutuações de tensão.....	13
Figura nº 2.15 - Variações de frequência	14
Figura nº 3.1 - UPS rotativa com motor-gerador com baterias	15
Figura nº 3.2 - Uma UPS rotativa com motor acoplado	16
Figura nº 4.1 - UPS Offline baseada na norma IEC62040-3	18
Figura nº 4.2 - UPS de linha interativa baseada na norma IEC 62040-3	19
Figura nº 4.3 - UPS <i>Standby-ferro</i>	20
Figura nº 4.4 - UPS de dupla conversão baseada na norma IEC 62040-3	21
Figura nº 4.5 - UPS de conversão delta em linha.....	22
Figura nº 4.6 - Sistema de configuração capacidade (N)	23
Figura nº 4.7 - Sistema de configuração isolado de redundância	24
Figura nº 4.8 - Sistema de configuração paralelo de redundância	25
Figura nº 4.9 - Sistema de configuração de redundância distribuída	26
Figura nº 4.10 - Sistema de configuração 2(N+1).....	26
Figura nº 5.1 - Vários sistemas de ligação à terra.....	29
Figura nº 5.2 - Três configurações de alimentação nos sistemas de UPS	30
Figura nº 5.3 - Possível localização dos transformadores de isolamento nas três configurações de sistemas de UPS	31
Figura nº 5.4 - Diagrama do transformador <i>delta-wye</i>	32
Figura nº 5.5 - Localizações possíveis do transformador na alimentação simples.....	32
Figura nº 5.6 - Localizações possíveis do transformador na alimentação dupla	33
Figura nº 5.7 - Localizações possíveis do transformador na alimentação simples sem bypass.	35

Figura nº 5.8 - Diagrama de UPS monofásica sem transformador: empregando um inversor de saída de três níveis	36
Figura nº 5.9 - (a) Topologia de fonte de tensão inversora de dois níveis, (b) topologia com inversor de três níveis	37
Figura nº 5.10 - Circuito trifásico de uma UPS sem transformador	38
Figura nº 5.11 - Curva de eficiência de uma UPS sem transformador	39
Figura nº 6.1 - Classificação de sistemas de armazenamento de energia elétrica de acordo com a forma de energia	41
Figura nº 6.2 - Princípio do processo de descarga e carga de uma célula de ácido-chumbo...	42
Figura nº 6.3 - Constituição de uma bateria VRLA	43
Figura nº 6.4 - Baterias VRLA em monobloco	44
Figura nº 6.5 - Bateria VRLA em caixa modular	44
Figura nº 6.6 - “Bateria em cartucho”	44
Figura nº 6.7 - Constituição de uma bateria de ácido chumbo ventilada.....	45
Figura nº 6.8 - Representação esquemática de uma bateria de íões de lítio	47
Figura nº 6.9 - Esquema de um volante de inércia	48
Figura nº 6.10 - Diagrama esquemático de um supercondensador	50
Figura nº 6.11 - Taxonomia dos supercondensadores	51
Figura nº 6.12 - Diagrama de blocos de um sistema SMES.....	53
Figura nº 6.13 - Diagrama esquemático de um sistema SMES.....	53
Figura nº 8.1 - Consumo de energia de um Data Center.....	59
Figura nº 8.2 - Consumo de energia na eficiência de um Data Center	60
Figura nº 8.3 - Como aumentar eficiência de um Data Center	60
Figura nº 8.4 - Divisão da energia num Data Center.....	61

Folha em branco

Folha em branco

Lista de Tabelas

Tabela nº 4.1 - Características técnicas de vários modelos de UPS	28
Tabela nº 5.1 - Descrição da localização dos 3 transformadores de simples alimentação.....	33
Tabela nº 5.2 - Características da localização dos 4 transformadores em sistemas de dupla alimentação.....	34
Tabela nº 5.3 - Descrição da localização dos 3 transformadores.....	35
Tabela nº 5.4 - Comparação entre com transformador e sem transformador	39
Tabela nº 6.1 - Análise SWOT de bateria de ácido-chumbo	42
Tabela nº 6.2 - Características de baterias VRLA.....	45
Tabela nº 6.3 - Características de baterias de ácido chumbo ventilada	45
Tabela nº 6.4 - Análise SWOT da bateria de íões de lítio.....	47
Tabela nº 6.5 - Características de vários materiais para volante de inércia	49
Tabela nº 6.6 - Análise SWOT de volante de inércia.....	49
Tabela nº 6.7 - Análise SWOT de supercondensador.....	50
Tabela nº 6.8 - Características de supercondensadores.....	51
Tabela nº 6.9 - Análise SWOT de um SMES	54

Folha em branco

Lista de Acrónimos

UPS	Uninterruptable Power Supplies
ESD	Electrostatic Discharge
TVSS	Transient Voltage Surge Suppressor
SPD	Surge Protection Device
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
PWM	Pulse With Modulation
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
PCC	Points of Common Connection
PU	Por Unidade
DVR	Dynamic Voltage Restorer
STATCOM	Static Compensator
VFD	Variable Frequency Drives
PLL	Phase Locked Loop
STF	Self Tuning Filter
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
VI	Voltage Independent
VFI	Voltage Frequency Independent
PDU	Power Distribution Unit
TT	Terra Terra
TN	Terra Neutral
TN-S	Terra Neutral Separate
TN-C	Terra Neutral Common
PEN	Protective Earth Neutral
PE	Protective Earth
TN-C-S	Terra Neutral Common Separate
IT	Insulated Terra
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
PFC	Power Factor Correction
THD	Total Harmonic Distortion
VSC	Voltage Source Converter
MTBF	Mean Time Between Failures
SCR	Silicon Controlled Rectifier
VRLA	Valve Regulated Lead Acid
AGM	Absorbed Glass Mat
EDLC	Electrochemical Double Layer Capacitor
SMES	Superconducting Magnetic Energy Storage
SCM	Superconducting Coil with the Magnet
PCS	Power Conditioning System
CS	Cryogenic System
CU	Control Unit
TI	Tecnologia de Informação
DCPI	Data Center Physical Infrastructure
PUE	Power Usage Effectiveness

MOV	Metal Oxide Varistor
CBE	Comutador Bypass Estática
CTA	Comutador de Transferência Automática
EMC	Electromagnetic Compatibility
EC	Ethylene Carbonate
EMC	Ethyl Methyl Carbonate
DEC	Diethyl Carbonate
RMS	Root Mean Square
PI	Proportional Integral
VFD	Voltage Frequency Dependent
BS	British Standard
SWOT	Strengths Weaknesses Opportunity Threats
IEC	International Electrotechnical Commission

Folha em branco

Folha em branco

Capítulo 1

1.1 Introdução

Neste primeiro capítulo são apresentados os objetivos decorrentes à elaboração da dissertação. É descrita a motivação pessoal pelo tema, os aspetos mais relevantes e por fim o modo como está organizado este documento.

1.2 Motivação pessoal

A qualidade de energia elétrica num Data Center é fundamental para o seu funcionamento, utilizando sistemas que possam melhorar e fornecer ininterruptamente energia. Esses sistemas são as UPS. Foi isto que me levou a interessar por este tema por ter grande importância nesta área. Também por não ter muitos conhecimentos de UPS e o seu funcionamento. A pesquisa para esta dissertação foi desafiante, devido a existir muita informação sobre UPS. Houve algumas dificuldades ao longo da dissertação que foram ultrapassadas, o que levou uma motivação adicional.

1.3 Objetivos

O objetivo principal desta dissertação de mestrado consiste em fazer um levantamento do estado da arte relacionado com as tecnologia associadas às UPS destinadas a operar em Data Centers. Nesta dissertação pretende-se:

- Produzir uma caracterização da topologia das UPS para diferentes aplicações e descrever cada uma das tecnologias.
- Avaliar alternativas para o armazenamento de energia elétrica nas UPS.
- Identificar as normas aplicadas às UPS que são utilizadas em Data Centers.
- Fazer uma comparação das várias UPS existentes no mercado, com especial foco na eficiência energética.

1.4 Aspetos mais relevantes

As figuras, tabelas que estão ao longo deste documento são identificadas numericamente por ordem crescente relativas a cada capítulo, sendo reiniciada essa numeração num novo capítulo. As expressões são identificadas numericamente por ordem crescente. As referências bibliográficas e as simbologias utilizam-se [], enquanto o que nas expressões utilizam-se ().

1.5 Breve resumo

Esta dissertação descreve o funcionamento das UPS que são utilizadas para diferentes instalações (Data Center, universidades, indústrias, etc) e os vários armazenamentos de energia elétrica.

1.6 Organização da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em nove capítulos. No primeiro capítulo é efetuado uma introdução à temática da dissertação.

O segundo capítulo retrata da qualidade de energia elétrica e os vários problemas que podem causar essa qualidade de energia.

No terceiro capítulo define-se o que é uma UPS dinâmica e as diferentes variações que pode assumir.

No quarto capítulo define-se o que é uma UPS estática, descrevem-se as diferentes topologias de UPS estáticas e comparam-se as características de várias UPS estáticas.

No quinto capítulo são descritos os vários sistemas de ligação à terra nas UPS, UPS com sistemas de transformadores para o isolamento e UPS sem transformadores de isolamento.

No sexto capítulo retratam-se os vários sistemas de armazenamento de energia elétrica para UPS.

No sétimo capítulo apresentam-se as várias normas aplicadas aos Data Centers relativamente às UPS.

No oitavo capítulo aborda-se a eficiência energética da UPS nos Data Centers.

No nono capítulo retiram-se as conclusões desta dissertação.

2.1 Qualidade da energia elétrica e os seus problemas

Qualidade é um conceito para o qual não é fácil apresentar uma definição clara e objetiva. Contudo, parece existir um consenso generalizado de que a qualidade é a adequação de determinado bem ou serviço à sua finalidade ou uso. No domínio elétrico, pode-se considerar que a energia fornecida por um sistema elétrico tem qualidade quando garante o funcionamento do equipamento elétrico, sem que se verifiquem alterações de desempenho significativas [1].

Entre os problemas de qualidade de energia, a interrupção do fornecimento é o mais grave, uma vez que afeta todos os equipamentos ligados à rede elétrica, à exceção daqueles que sejam alimentados por UPS (*Uninterruptable Power Supplies* - sistemas de alimentação ininterrupta) ou por geradores de emergência. Contudo, outros problemas de qualidade de energia, como os que se descrevem a seguir, além de levarem à operação incorreta de alguns equipamentos, podem também danificá-los:

- Distorção harmónica: quando existem cargas não lineares ligadas à rede elétrica a corrente que circula nas linhas contém harmónicos. As quedas de tensão nas impedâncias das linhas provocadas pelos harmónicos fazem com que as tensões de alimentação fiquem também distorcidas.
- Ruído (interferência eletromagnética): corresponde ao ruído eletromagnético de alta frequência que pode ter origem nas comutações rápidas dos conversores eletrónicos de potência.
- Inter-harmónicos: surgem quando há componentes de corrente que não estão relacionadas com a componente harmónica fundamental (50 Hz). Por exemplo, essas componentes de corrente podem ser produzidas por fornos a arco ou por cicloconversores (equipamentos que, alimentados a 50 Hz, permitem sintetizar tensões e correntes de saída com uma frequência inferior).
- Interrupção momentânea: ocorre, por exemplo, quando o sistema elétrico dispõe de disjuntores com rearme automático, que abrem na ocorrência de um curto-circuito, fechando-se automaticamente após alguns milissegundos (e mantendo-se ligados caso o curto-circuito já se tenha extinguido).
- Subtensão momentânea (*voltage sag*): também conhecido por “cava de tensão”, pode ser provocada, por exemplo, por um curto-circuito momentâneo num outro alimentador do mesmo sistema elétrico, que é eliminado logo após alguns milissegundos pela abertura do disjuntor do ramal em curto.

- Sobretensão momentânea (*voltage swell*): pode ser provocada, entre outros casos, por situações de defeito ou operações de comutação de equipamentos ligados à rede elétrica.
- Flutuação da tensão (*flicker*): acontece devido a variações intermitentes de certas cargas não lineares, causando flutuações nas tensões de alimentação (que se traduz, por exemplo, em oscilações na intensidade da iluminação elétrica).
- Micro-cortes de tensão (*notches*): resultam de curto-circuitos momentâneos, que ocorrem durante intervalos de comutação dos semicondutores de potência dos retificadores.
- Transitórios: ocorrem como resultado de fenômenos transitórios, tais como: comutação de bancos de condensadores ou descargas atmosféricas [2].

2.2 Transitórios

O tipo de perturbação energética que apresenta um potencial mais elevado para causar situações prejudiciais é o fenômeno transitório. Este pode dividir-se em duas subcategorias: impulsivos e oscilatórios.

2.2.1. Impulsivos

Os impulsos transitórios são ocorrências repentinas de picos de tensão e/ou níveis elevados de corrente em direção positiva ou negativa. Este tipo de ocorrências pode ser classificado com maior exatidão tendo por base a velocidade a que ocorrem (rápida, média e lenta). Os impulsos transitórios podem ter ocorrências muito rápidas, na ordem dos 5 nano segundos [ns]. Podemos ver na Figura nº 2.1 um exemplo de um impulso transitório positivo causado por uma descarga eletrostática.

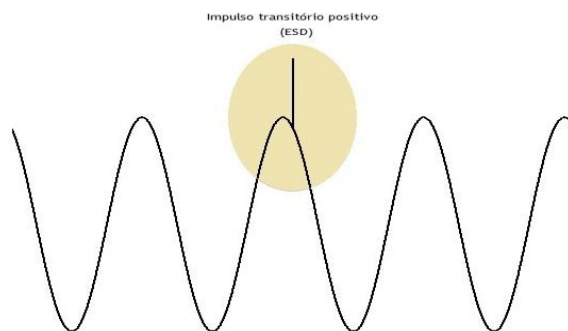


Figura nº 2.1 - Impulso transitório positivo.

As causas dos impulsos transitórios incluem descargas atmosféricas, ligação à terra deficiente, ligação de cargas indutivas, falhas na rede elétrica de energia e descarga eletrostática (ESD). Os resultados destas ocorrências podem ir da perda de dados até à perda física do equipamento que os suportam. De todas estas causas, a descarga atmosférica é provavelmente a mais prejudicial e potencialmente perigosa.

A quantidade de energia libertada numa descarga atmosférica, e que ilumina o céu, pode destruir equipamentos sensíveis. Além disso, não é necessário que haja um impacto direto para que possa provocar prejuízos. Os campos eletromagnéticos criados pelas descargas atmosféricas podem ser responsáveis por prejuízos. Ao induzir correntes em estruturas condutivas que estejam próximas (Figura nº 2.2).

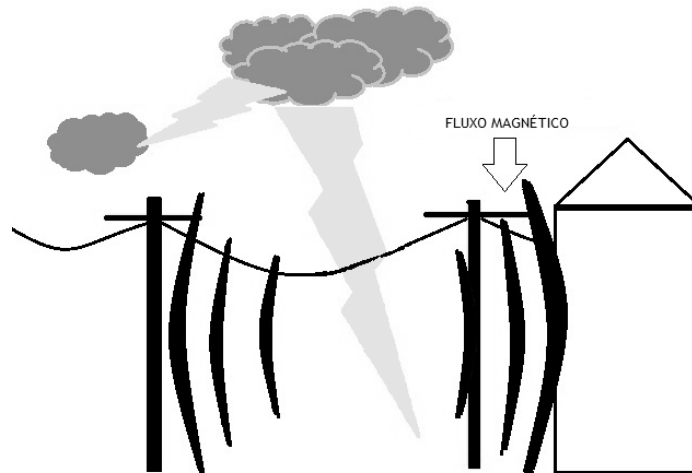


Figura nº 2.2 - Ilustração de um campo magnético criado por uma descarga atmosférica.

Dois dos métodos de proteção mais eficientes contra impulsos transitórios consistem na eliminação potencial da ESD e o uso de dispositivos de supressão de sobretensões (conhecidos como supressores de sobretensão transitória: TVSS-*Transient Voltage Surge Suppressor* ou dispositivo de proteção contra sobretensões: SPD-*Surge Protection Device*). Enquanto que uma ESD pode gerar um arco elétrico, por exemplo, entre o dedo de uma pessoa e um carro, não causam qualquer tipo de dano, é o suficiente para inutilizar uma placa principal de computador e fazer com que ele deixe de funcionar. Nos Data Centers, nas instalações de fabricação de placas de circuito impresso ou em ambientes similares, onde as placas de circuito impresso estão expostas e suscetíveis de serem manuseadas, é importante eliminar a possibilidade de ocorrer uma ESD.

Os SPD são utilizados em sistemas de rede elétrica, além de dispositivos para grandes instalações e Data Center, encontram também uso diário em pequenas lojas e casa; o seu desempenho melhora com os avanços na tecnologia de fabricação de varistores (MOV-*Metal Oxide Varistor*). Os varistores permitem uma supressão consistente dos impulsos transitórios, sobretensões e outras condições de alta tensão, e podem ser combinados com dispositivos de disparo térmico como disjuntores, termístores e tirístores. Em alguns casos, os circuitos de SPD são incorporados nos dispositivos elétricos, como fontes de alimentação de computadores com capacidades incorporadas de supressão. Comumente são utilizados em dispositivos independentes de supressão de sobretensão, ou incluídos em UPS para proporcionar a supressão de sobretensão e energia à bateria de emergência, caso ocorra uma interrupção de

fornecimento de energia. A ligação em cascata dos dispositivos SPD e UPS é um método mais efetivo de proteção contra distúrbios energéticos para os equipamentos eletrônicos [3].

2.2.2. Oscilatórios

Os transitórios oscilatórios mostram uma oscilação amortecida com uma frequência que varia de algumas centenas de hertz até vários megahertz. Matematicamente, os transitórios oscilatórios estão associados às soluções homogêneas de equações diferenciais lineares. Como um sistema de energia elétrica pode ser descrito por um conjunto de equações diferenciais lineares, os transitórios oscilatórios estão associados ao “transitório natural” nesses sistemas. Portanto os transitórios oscilatórios dominam sobre os impulsos transitórios. Um exemplo típico de um transitório oscilatório é causado pela entrada em serviço de um banco de condensadores. A frequência de oscilação é determinada principalmente pela capacidade do banco de condensadores e pela indutância de curto-circuito do circuito de alimentação [4]. A Figura nº 2.3 ilustra um transitório oscilatório típico, de baixa frequência, atribuível à entrada em serviço de um banco de condensadores.

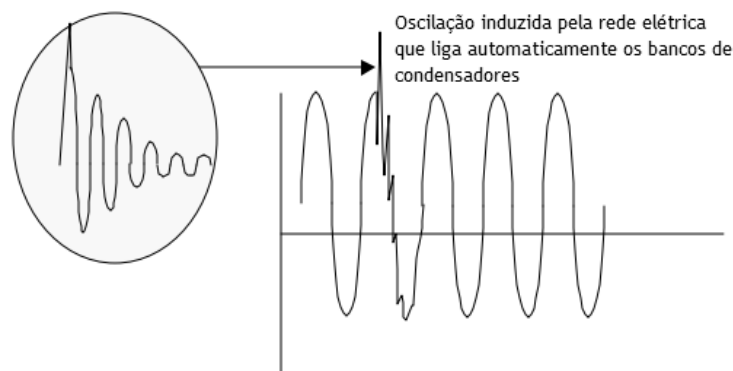


Figura nº 2.3 - Transitório oscilatório [3].

2.3 Interrupções momentâneas

As interrupções momentâneas são responsáveis por 70% do total de falhas nos sistemas de distribuição. Isso levou a aumentar o uso de religadores automáticos. As duas causas principais para a interrupção momentânea em sistemas de distribuição são a operação de religamento e comutação automática. A maioria destas interrupções momentâneas pode ser evitada. As cargas em sistemas de distribuição são continuamente alimentadas com a energia transferida do sistema de transmissão. É imperativo para as empresas de distribuição fornecerem energia aos clientes com um alto nível de fiabilidade. Mas periodicamente, as interrupções podem acontecer devido a várias razões: as falhas no sistema de distribuição são a principal causa de interrupções. Algumas das causas dominantes para as falhas são: as perdas do isolamento; os curto-circuitos causado por um órgão externo que entra em contato com os condutores; os contato direto dos condutores com o solo ou com uma entidade

externa, condutores danificados, etc. Estas falhas são estocásticas por natureza e são na sua maioria imprevisíveis. As ações de manutenção programada ou não programada são outras das principais causas de interrupções. Na medida do possível, as empresas tentam reduzir a indisponibilidade do serviço devido a ações de manutenção, transferindo o fornecimento de energia para linhas alternativas sempre que seja possível. Estas interrupções são previsíveis e podem ser modeladas com precisão. As interrupções de serviço sentidas pelos clientes podem ser classificadas em temporárias e sustentadas. Uma vez que as causas de falhas temporárias corrigem-se num curto espaço de tempo, uma pequena interrupção de serviço pode geralmente eliminar a falha. Para este efeito, o sistema de proteção é geralmente projetado para assistir a instalação na ocorrência de falhas temporárias e sustentadas. Se forem utilizados disjuntores ou fusíveis para a proteção contra as falhas, estes têm que ser restabelecidos manualmente. Isto faz com que haja uma enorme perda na qualidade de serviço aos clientes onde a maioria das falhas são temporárias. A ação de religamento é a forma mais geral de proteção contra as falhas temporárias. A coordenação de religadores, disjuntores, fusíveis e seccionadores é realizada para proteger o sistema de distribuição contra todos os tipos de falhas e garantir o serviço mínimo de interrupção aos clientes. Embora a operação de auto-religamento faça reduzir o tempo de interrupção do serviço devido a falhas temporárias, eles são também responsáveis por interrupções momentâneas no sistema. Segundo a norma 1366 do IEEE as interrupções podem ser classificadas em momentâneas e sustentadas. Estas definições são as seguintes:

- Interrupção momentânea: É uma única operação de um dispositivo de interrupção que resulta numa tensão zero.
- Evento interrupção momentânea: É uma interrupção de duração limitada no tempo a um período necessário para restaurar o serviço por um dispositivo de interrupção.

Nota: Tais operações de comutação devem ser concluídas dentro de um prazo determinado de cinco minutos ou menos. Esta definição inclui todas as operações de religamento que ocorrem dentro de cinco minutos da primeira interrupção.

- Interrupção sustentada: É qualquer interrupção não classificada como parte de um evento momentâneo. Ou seja, qualquer interrupção que dure mais do que cinco minutos.

Através destas definições, podemos inferir que, se uma interrupção dura menos cinco minutos que o evento, este será denominado como um evento momentâneo. Durante este evento o religador restabelece o serviço e reconfigura cinco minutos antes da sua primeira abertura. Na Figura nº 2.4 podemos ver uma interrupção momentânea [5].

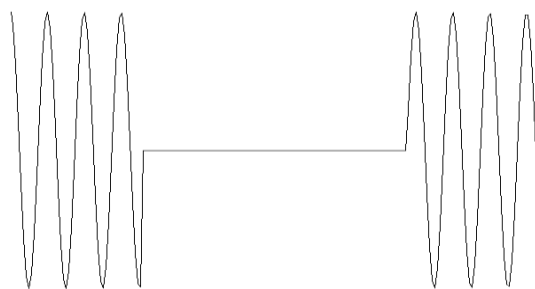


Figura nº 2.4 - Interrupção momentânea.

2.4 Cava de tensão ou *sag*

Uma cava de tensão ou queda de tensão (Figura nº 2.5) é definida como uma diminuição momentânea do valor eficaz da tensão durante 0,5-30 ciclos. Uma cava de tensão pode causar sérios problemas para cargas sensíveis que usam componentes sensíveis à tensão, como acionamentos de velocidade ajustável, equipamentos de controlo de processos e computadores. Algumas aplicações, tais como processos de fabrico automático são mais sensíveis às quedas e elevações de tensão do que outras aplicações. Para cargas sensíveis, até mesmo uma cava de tensão de curta duração pode causar sérios problemas. A fim de aumentar a fiabilidade do sistema de distribuição de energia foram sugeridos métodos de resolução de problemas de qualidade de energia, especialmente a cava de tensão. Muitos esquemas de mitigação da cava de tensão são baseados em sistemas de inversores, baseando-se no armazenamento de energia. Existem métodos de mitigação da cava de tensão que usam interruptores para PWM (*Pulse With Modulation*) que necessita de pelo menos dois interruptores por fase. Outros métodos recorrem a uma topologia de conversor direto CA-CA [6]. As principais razões da cava de tensão são as falhas por curto-circuito em transformadores e motores de indução de grande capacidade, o que faz com que o sistema aumente o fornecimento de corrente repentinamente, e reduza a tensão nos pontos de ligação comum (*PCC-Points of Common Connection*) num curto espaço de tempo. As falhas por curto-circuito são as razões mais importantes da cava de tensão. As falhas podem ser induzidas por muitas situações diferentes como: descargas atmosféricas, ventos, animais, etc. Quando ocorre a falha, a corrente elétrica aumenta rapidamente, logo a tensão perto do ponto de ocorrência da falha diminui. A tensão volta ao valor normal logo que haja remoção da falha. A entrada em serviço de transformadores origina correntes de intensidade elevada, que pode atingir 8 a 10 vezes a corrente nominal que flui através das linhas de transmissão, isto devido à saturação dos núcleos magnéticos [7].

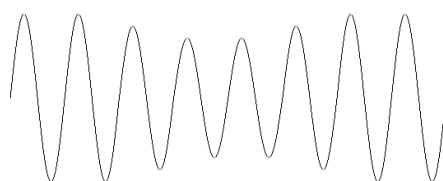


Figura nº 2.5 - Cava de tensão.

2.5 Subtensão de longa duração

A subtensão (Figura nº 2.6) é a diminuição da tensão entre 0,8 e 0.9 p.u (por unidade). As suas principais causas são as entradas em serviço de grandes blocos de cargas na rede e a saída de bancos de condensadores. Se não estiver caracterizada uma sobrecarga, o sistema recupera e a tensão volta aos valores nominais. Caso contrário, a tensão pode permanecer baixa durante a operação da carga que é causa deste fenómeno [8].

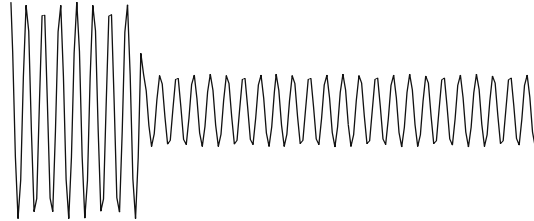


Figura nº 2.6 - Subtensão.

2.6 Sobretensão de curta duração ou *swell*

Uma sobretensão momentânea (Figura nº 2.7) é o aumento de curta duração do valor eficaz da tensão (RMS). As sobretensões são geralmente produzidas por desligar cargas de grande potência, entrada em serviço de bancos de condensadores, ou por falhas produzidas dentro dos próprios sistemas de energia.

Na norma 1159-1995 do IEEE, o termo de 'swell' é definido como um aumento do valor eficaz da tensão por períodos de 0,5 ciclos a 1 min com magnitudes típicas entre 1,1 e 1,8 p.u (por unidade). Por seu lado, na norma IEC 6100-4-30, a definição de elevação de tensão corresponde ao aumento temporário da tensão num ponto do sistema elétrico acima de um determinado limiar. Técnicas para mitigação das sobretensões são DVR e STACOM que são baseadas em sistemas de inversores que consistem em armazenamento de energia e interruptores [9].

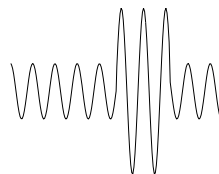


Figura nº 2.7 - Sobretensão de curta duração ou *swell*.

2.7 Sobretensão de longa duração

A sobretensão de longa duração ou *overvoltage* (Figura nº 2.8) pode ser considerada uma sobretensão prolongada. As sobretensões também são comuns em áreas onde as configurações de fornecimento do *tap* do transformador estão definidas incorretamente e as cargas são reduzidas. Dado que uma sobretensão é uma elevação constante, a mesma UPS que funciona para sobretensões de curta duração também funcionará para sobretensões de longa duração.

No entanto, se a energia de entrada está constantemente em condição de sobretensão de longa duração, então a energia elétrica recebida pelas instalações pode necessitar de ser corrigida, a fim de evitar danos nos equipamentos. Dado que as sobretensões de longa duração podem ser mais constantes, o calor excessivo pode ser uma indicação externa de sobretensão. O equipamento (sob condições normais e de uso normal), que normalmente produz uma certa quantidade de calor pode, de repente aumentar, a quantidade de calor produzido. Isto pode ser prejudicial para a operação do Data Center [3].

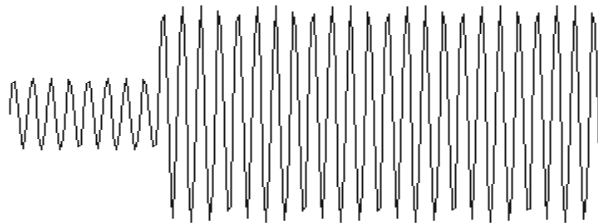


Figura nº 2.8 - Sobretensão.

2.8 Distorção de forma de onda

Existem seis tipos de distorção de forma de onda que são:

- *Offset* de corrente contínua.
- Harmónica.
- Inter-harmónica.
- *Notching*.
- Ruído.
- Flutuações de tensão (*flicker*).
- Variações de frequência.

2.8.1. Offset de corrente contínua

A corrente contínua (CC) pode ser induzida num sistema de distribuição de corrente alternada (CA) frequentemente, como consequência de falha de retificadores dentro das diversas tecnologias de conversão CA para CC que proliferam nos equipamentos.

A CC pode transpor o sistema de energia de CA e acrescentar uma componente indesejada nos dispositivos que já estão a funcionar no seu nível nominal. O sobreaquecimento e a saturação dos transformadores podem ser o resultado da circulação de correntes CC.

Quando o núcleo magnético de um transformador satura, não só se assiste a um aumento da temperatura, mas também se observa uma redução da capacidade de fornecimento de energia. Como consequência, a distorção da forma de onda da tensão pode provocar uma maior instabilidade no funcionamento dos equipamentos eletrónicos. Pode-se observar um *offset* de CC na Figura nº 2.9 [3].

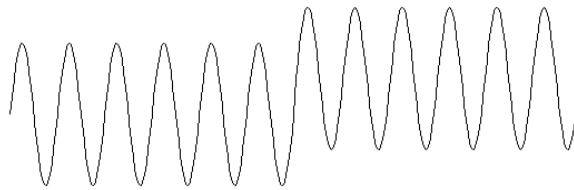


Figura nº 2.9 - Offset de CC.

2.8.2. Harmónico

A distorção harmónica (Figura nº 2.10) é um dos problemas mais importantes na qualidade de energia. A distorção harmónica pode ser causada por dispositivos não lineares ativos e não lineares passivos num sistema de energia. A maioria da distorção harmónica é gerada pelo estágio de entrada de conversores eletrónicos de potência [10].

Os harmónicos são introduzidos na rede de distribuição de energia por intermédio de cargas não lineares, tais como unidades de frequência variável, controladores de motor CC, ciclo-conversores, UPS, carregadores de baterias e inversores. Os grandes consumidores de energia eléctrica devem ter cuidados mais rigorosos de modo a minimizar a criação de harmónicos, isto devido à possibilidade de injeção de harmónicos na rede poder vir a prejudicar outros consumidores. No entanto, como o tamanho da carga do utilizador condiciona a capacidade da rede e consequentemente do sistema, o utilizador pode injetar uma percentagem elevada de corrente harmónica no sistema. Este fato protege os outros utilizadores no mesmo barramento, bem como a rede que é necessária para fornecer uma certa qualidade de energia aos seus clientes [11].

A existência de harmónicos no sistema de energia introduz muitos efeitos prejudiciais em todo o sistema de energia nos seis diferentes níveis, abrangendo desde a geração através da transmissão até a distribuição. Os efeitos nocivos dos harmónicos são os seguintes:

- A sobrecarga de potência.
- Um fator de potência reduzido.
- Falha dos condensadores na correção do fator de potência.
- Distorção da forma de onda da tensão de alimentação de outras cargas.
- Interferência indutiva em linhas telefónicas.
- Falha de dispositivos de CA e CC.
- Incomodativos disparos do disjuntor.
- Falha de proteção de relés.
- Incremento das perdas do sistema, com o aumento da quantidade de calor produzido.

Por isso é essencial minimizar os harmónicos gerados pelo utilizador [12].



Figura nº 2.10 - Típica distorção harmónica [3].

2.8.3. Inter-harmónico

As inter-harmónicas são componentes espectrais cujas frequências não são de valor múltiplo inteiro da frequência fundamental. Exemplos de equipamentos que podem originar frequências inter-harmónicas são: variadores de frequências (VFD-*Variable Frequency Drives*); fornos de arco; e cargas flutuantes. As Inter-harmónicas podem ser mais problemáticas do que os harmónicos. Em primeiro lugar, as frequências inter-harmónicas variam com as condições de operação das cargas que as produzem, disso são exemplo os variadores de frequência. Em resultado, as frequências inter-harmónicas são mais difíceis de mitigar do que os harmónicos. Em segundo lugar podem causar flutuações no valor da tensão, além de distorções da forma de onda da tensão e que pode ser observada, por exemplo, na cintilação da luz emitida por uma lâmpada. As soluções utilizadas para mitigar a influência das inter-harmónicas incluem a colocação de filtros ou a introdução de sistemas de UPS [13]. Podemos ver na Figura nº 2.11 a distorção inter-harmónica.

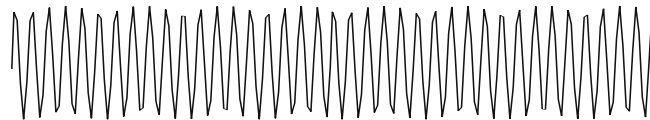


Figura nº 2.11 - Distorção da forma de onda do inter-harmónico.

2.8.4. Notching

Quando a corrente é comutada de uma fase para outra nos aparelhos de potência, ocorre uma perturbação periódica de tensão. Essa perturbação chama-se *notching* (Figura nº 2.12), tem uma elevada frequência e características que tanto podem ser de as de um transitório como as de uma distorção harmónica. Os conversores trifásicos com tensão de saída CA são a causa mais comum para a ocorrência do fenómeno de *notching* na onda da tensão [14].

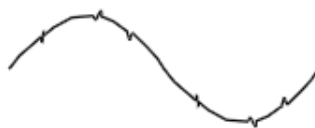


Figura nº 2.12 - *Notching* [3].

2.8.5. Ruído

O ruído (Figura nº 2.13) é uma tensão ou corrente não desejada sobreposta à tensão do sistema de energia elétrica ou da forma de onda da corrente, respetivamente. O ruído pode ser gerado por dispositivos eletrónicos, circuitos de controlo, máquinas de soldar a arco, transmissores de rádio, etc. Os locais com sistemas terra ineficientes aumenta a suscetível ao ruído. O ruído pode causar problemas técnicos aos equipamentos, como erros de dados, mau funcionamento dos equipamentos, falhas de componentes de longo prazo. Há muitas

abordagens diferentes para minimizar o ruído. Algumas vezes é necessário utilizar em simultâneo várias técnicas para atingir o resultado pretendido. Alguns desses métodos são:

- Isolar a carga através de uma UPS.
- Instalar um transformador de isolamento.
- Relocalizar a carga longe da fonte de interferência.
- Instalar filtros de ruído.
- Blindar os cabos.

A corrupção dos dados é um dos resultados mais comuns de ruído [3].

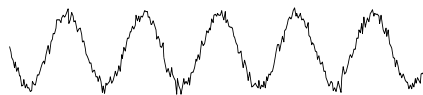


Figura nº 2.13 - Ruído.

2.8.6. Flutuações de tensão

As flutuações de tensão (Figura nº 2.14) podem ser descritas como variações repetitivas ou aleatórias da tensão envolvente devido a mudanças bruscas e da energia ativa. As características das flutuações do valor da tensão dependem do tipo de carga, do tamanho e da capacidade do sistema de energia. A forma de onda da tensão apresenta variações em magnitude devido à natureza flutuante ou à operação intermitente das cargas. A frequência da tensão envolvente é muitas vezes referida como a frequência de oscilação. Assim, existem dois parâmetros importantes para as flutuações de tensão, a frequência de flutuação, e a magnitude de flutuação. Ambos são significativos nos efeitos adversos das flutuações de tensão [15].

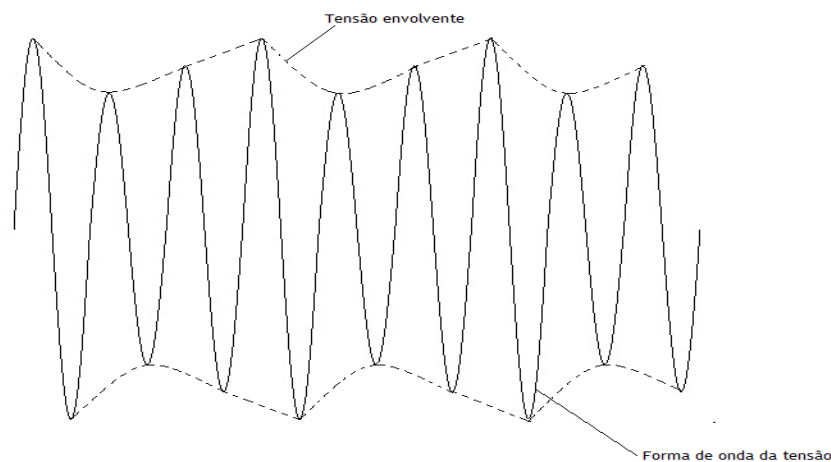


Figura nº 2.14 - Flutuações de tensão.

2.8.7. Variações de frequência

A variação de frequência (Figura nº 2.15) é definida como um desvio da frequência fundamental do sistema de energia do seu valor nominal específico (50 ou 60 Hz). A duração de uma variação de frequência pode variar entre vários ciclos até várias horas. Estas variações são geralmente causadas por mudanças rápidas no modo de operação das cargas ligadas ao sistema. A variação máxima tolerável na frequência de alimentação é muitas vezes limitada dentro de $\pm 0,5$ Hz [16].

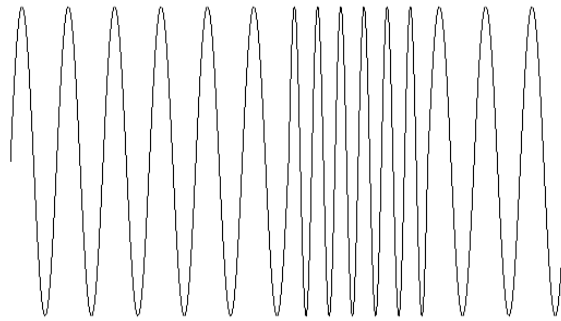


Figura nº 2.15 - Variações de frequência.

3.1 UPS Dinâmica

Existem diferentes implementações de UPS dinâmicas, mas todas elas utilizam o conjunto motor/gerador com saída do gerador até a carga crítica.

Uma versão de UPS dinâmica combina um motor, um gerador com inversor e baterias. O inversor filtra os distúrbios da rede elétrica e regula apenas a frequência de saída (geralmente em forma “onda quadrática”) que fornece ao conjunto motor/gerador. O conjunto motor/gerador gera uma onda sinusoidal de tensão de saída regulada, tendo o inversor de saída de frequência como referência. A segunda versão combina uma máquina síncrona (regulador-gerador), um motor de combustão com uma embraiagem e um volante de inércia [17].

3.2 UPS dinâmica com motor-gerador/baterias

Quando a qualidade de energia elétrica (tensão e frequência) apresenta valores fora da faixa aceitável, então a componente motor da UPS dinâmica ou rotativa é alimentado diretamente através da rede elétrica. De seguida, esse motor fornece energia mecânica ao gerador (Figura nº 3.1) que por sua vez fornece energia à carga crítica respeitando os requisitos definidos. Além disso, a unidade retificador/inversor opera em modo standby durante o período de tempo que a rede está estável. Ou seja, o retificador está no modo "bateria a flutuar" (as baterias ficam carregadas). Quando os parâmetros de tensão e frequência da rede saem fora dos limites pré-ajustados, então a unidade de retificador/conversor começa a fornecer energia controlada ao motor que está acoplado diretamente ao gerador para suportar a carga crítica. Quando ocorre um corte de energia, o banco de baterias fornece a energia necessária através do inversor para que o motor-gerador possa suportar a carga. A energia armazenada nas baterias é utilizada para sustentar a carga até que o gerador de emergência (fora da UPS) fique operacional [18].

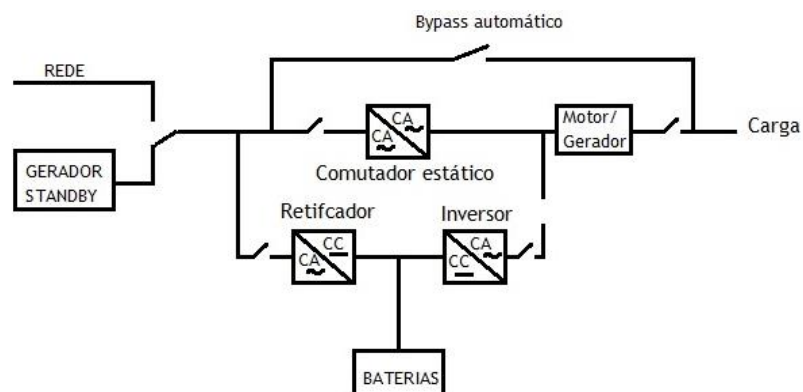


Figura nº 3.1 - UPS rotativa com motor-gerador com baterias.

3.3 UPS dinâmica com motor acoplado

As principais componentes de uma UPS com motor acoplado são as seguintes: um motor/gerador, um *Choke*, um volante de inércia, uma embraiagem, e um motor a gásóleo. Em funcionamento normal, a rede elétrica fornece energia para a carga crítica através do filtro (composto por um filtro de linha (*Choke coil*) e um motor). O mesmo motor também fornece a energia necessária para que o volante de inércia armazene energia cinética em caso de emergência. Durante o modo de falha de energia, a energia é fornecida pelo volante de inércia para a motor-gerador, que por sua vez suporta a carga crítica por alguns segundos antes do motor a gásóleo entrar em funcionamento até a velocidade máxima. A embraiagem é então engrenada para fornecer energia mecânica ao motor-gerador para que este forneça energia para a carga (Figura nº 3.2) [18].

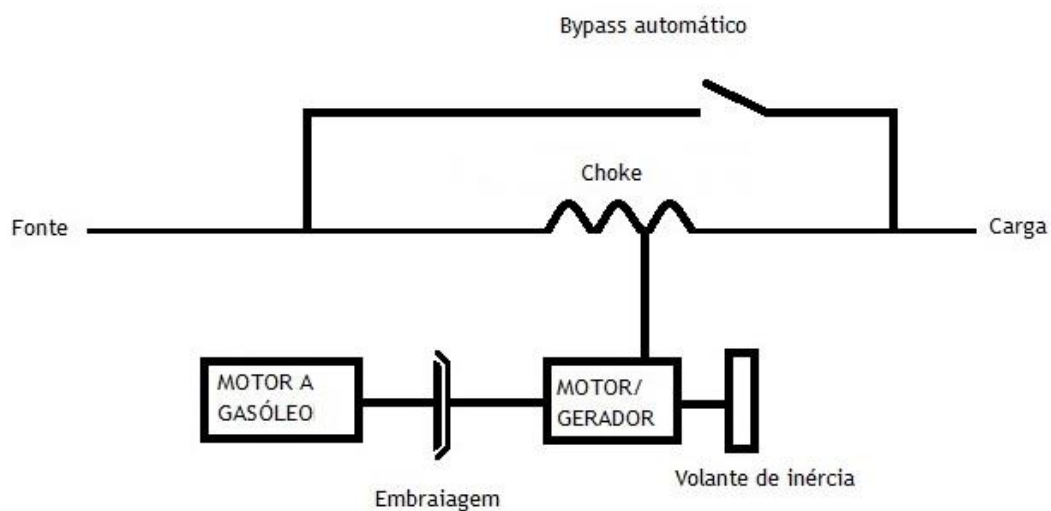


Figura nº 3.2 - Uma UPS rotativa com motor acoplado.

4.1 UPS estáticas

As UPS estáticas não têm componentes mecânicos, isto é utilizam componentes eletrônicos de potência. Este tipo de UPS tem geralmente três componentes principais que são: o retificador/carregador para transformar a CA em CC e carregar a bateria; o conjunto de baterias que permite que a energia seja armazenada; e o conversor estático que converte a tensão CC em tensão CA que é regulada e filtrada em termos da tensão e/ou frequência [17].

4.2 Diferentes topologias de UPS estáticas

Existe uma grande variedade de UPS que são utilizadas em diferentes áreas, com características distintas de proteção, dependendo da sua utilização. São vários os fatores que determinam a escolha de uma UPS. Podemos referir os níveis de fiabilidade e de disponibilidade ou o tipo de equipamento a proteger. As topologias das UPS dividem-se em 5 tipos, que são as seguintes:

- Offline ou *Standby* - VFD-Tensão e frequência dependente.
- Em Standby-ferro (*Standby-ferro*).
- Linha Interativa (*Line interactive*) - VI-Tensão independente.
- Dupla conversão (*On-line* ou *Double conversion*) - VFI-Tensão e frequência independente.
- Delta conversão em linha (*Delta conversion*).

4.2.1. UPS Offline ou Standby

A UPS *Offline* ou *Standby* é o tipo de sistema de UPS mais comum. Pode ser encontrada associada a computadores pessoais ou computadores de escritório. Esta topologia tem dois modos de atuação, modo normal e modo de armazenamento, como podemos ver na Figura nº 4.1.

O primeiro modo de atuação chamado modo normal é quando a fonte fornece energia diretamente à carga quando está ligado o comutador. Em simultâneo é carregada a bateria através de um carregador que converte a tensão CA para CC. O inversor fica em modo standby para que possa converter a tensão a fornecer à carga através da bateria CC para CA.

O segundo é chamado modo de armazenamento e é utilizado quando ocorre uma falha de energia da rede elétrica. Nesta situação o comutador *bypass* liga ao inversor para que este converta a tensão da bateria de CC para CA e com essa tensão alimentar a carga [19]. O tempo de transferência do modo normal para o modo de armazenamento é geralmente inferior a 10 ms [20].

A UPS offline tem vantagens e desvantagens em relação às restantes topologias. As vantagens são: baixo custo [21]; o inversor e o carregador estão economicamente dimensionados; e as baterias são dimensionadas para a aplicação desejada. As desvantagens são: ter pouco ou nenhum isolamento da carga; os ciclos de descarga do sistema de baterias são limitados; exige a substituição e manutenção da bateria; é utilizada para potências inferiores a 2 kVA; e a fraca capacidade de regulação da tensão de saída do inversor [22].

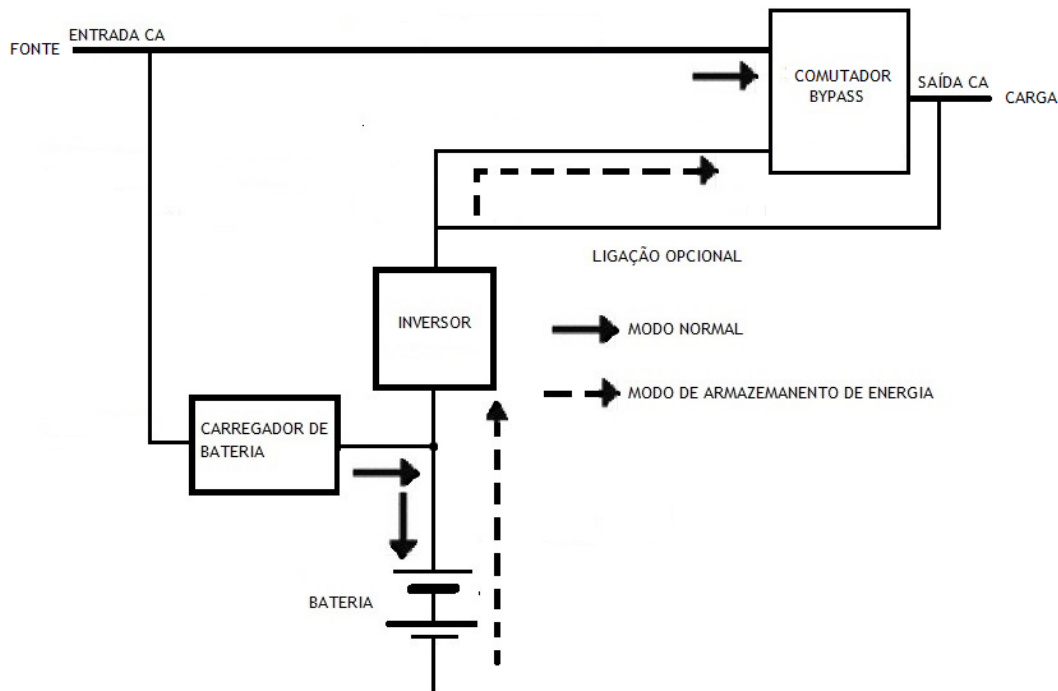


Figura nº 4.1 - UPS Offline baseada na norma IEC62040-3.

4.2.2. UPS de linha interativa

A UPS de linha interativa tem um esquema diferente da UPS offline e é constituída por um comutador e um inversor bidirecional (inversor/conversor). Esta topologia tem dois modos de atuação, modo normal e modo de armazenamento, como podemos observar na Figura nº 4.2. No modo normal a energia elétrica passa pelo interface de energia que torna a tensão constante e começa a alimentar a carga. Em simultâneo, o inversor bidirecional carrega a bateria como um carregador e desempenha também o papel de conversor CA/CC. Quando ocorre uma falha de energia, o modo de armazenamento é ativado, o que leva à utilização da bateria no fornecimento de energia à carga através do inversor, logo este desempenha o papel de conversor CC/CA [23].

Existem algumas vantagens e desvantagens associadas a esta topologia. As vantagens desta UPS são: as baterias são dimensionadas consoante a aplicação; tem baixo peso [22], incorpora um regulador de tensão automático, o que permite que a UPS possa aumentar ou reduzir a tensão de entrada sem ligar as baterias [24]. As desvantagens são: é utilizada para potências inferiores a 5 kVA [22], o tempo de comutação é longo, a estrutura de controlo é complexa, o custo é elevado, a imunidade ao ruído e o pico da energia elétrica são reduzidos [23]. Este

tipo de UPS evita vários problemas de qualidade de energia que são: queda de tensão; sobretensão de curta duração; sobretensão; subtensão; ruído; transitórios e distorção harmônica [21].

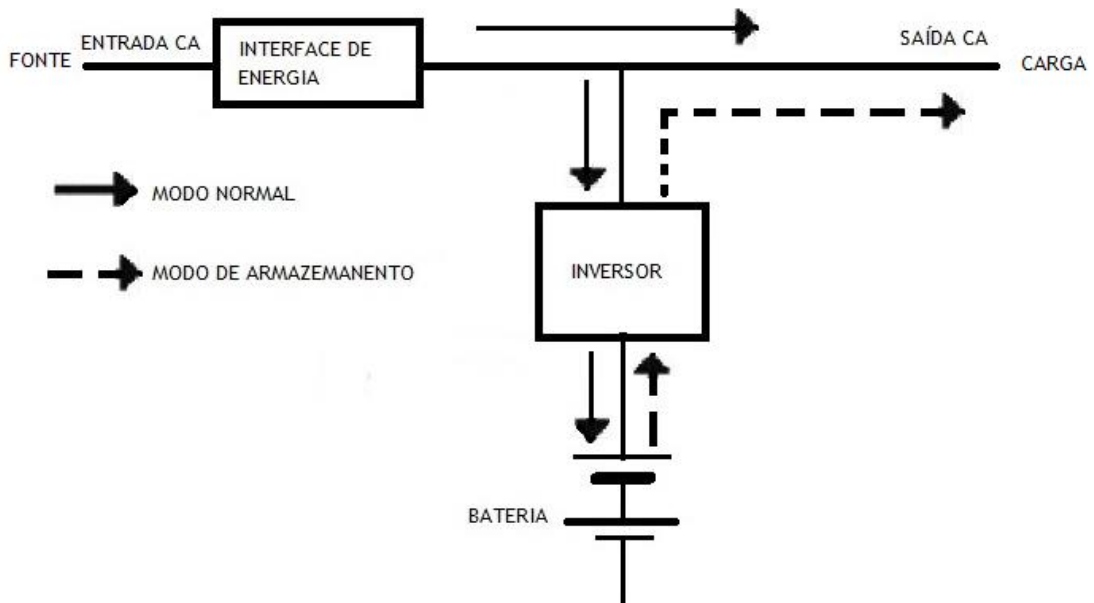


Figura nº 4.2 - UPS de linha interativa baseada na norma IEC 62040-3.

4.2.3. UPS standby-ferro

A UPS *standby-ferro* depende de um transformador de saturação de três enrolamentos. Esta UPS é constituída por dois circuitos. O circuito principal (linha contínua) começa na entrada da energia CA, passa pelo comutador de transferência seguindo para o transformador e termina na carga. No caso de falha de energia, o comutador de transferência abre e o inversor fornece a carga de saída.

Na UPS *Standby-ferro*, o inversor está no modo standby e é ativado quando a energia de entrada falha e o comutador de transferência abre. O transformador tem uma capacidade especial “ferro-ressonante”, que proporciona a regulação limitada da tensão e “modulação” da forma de onda de saída. O isolamento dos transitórios de energia CA é fornecido pelo transformador que é tão bom ou melhor do que qualquer filtro disponível. Mas o próprio transformador cria uma distorção severa de tensão de saída, o que pode ser ainda pior do que uma fraca ligação CA. Embora seja uma UPS Standby, a *standby-ferro* gera grande quantidade de calor, porque o transformador ferro-ressonante é ineficaz. Estes transformadores são considerados de grandes dimensões quando comparados com os transformadores de isolamento normal. Portanto, as UPS standby-ferro são geralmente bastante grandes e pesadas. Este tipo de UPS é utilizada em gamas de potência de 3 a 15 kVA. A Figura nº 4.3 ilustra uma UPS *standby-ferro*.

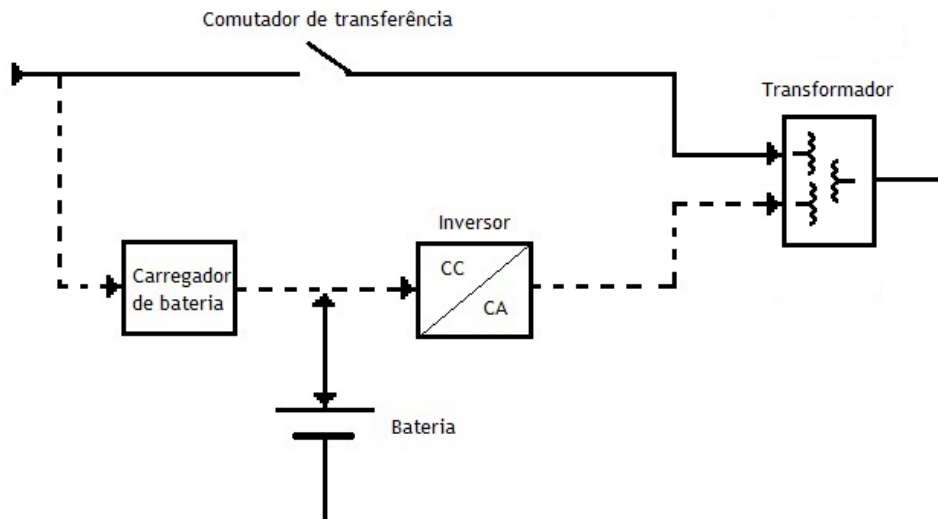


Figura nº 4.3 - UPS *Standby-ferro*.

As grandes vantagens desta UPS são a elevada fiabilidade e excelente filtragem de linha. Os sistemas UPS *standby-ferro* já não são muito utilizados principalmente porque são altamente instáveis quando operam perante uma carga de fonte de energia de um computador. Todos os grandes servidores e routers utilizam fontes de alimentação com “correção de fator de potência” que operam com tensão sinusoidal, o que se assemelha bastante a uma lâmpada incandescente. Esta receção estável de corrente obtém-se da utilização de condensadores, dispositivos que corrigem a tensão. O sistema UPS *ferro-ressonante* utiliza transformadores de núcleo pesado que tem característica indutiva, o que significa que a corrente fica desfasada da tensão. A combinação destes dois aspetos forma aquilo que se designa de circuito “tanque”. A ressonância ou “eco” de um circuito tanque pode originar correntes elevadas, que põem em perigo a carga [25].

4.2.4. UPS de dupla conversão em linha

A UPS de dupla conversão ou *online* consiste num retificador, bateria, inversor e um comutador estático (*bypass*). Na UPS *on-line* existe três modos diferentes de operação que são, modo normal, modo de armazenamento e modo *bypass* como se pode verificar na Figura nº 4.4. No modo normal, a energia é fornecida à carga através do retificador e inversor. O retificador converte a tensão regulada CA em tensão CC e esta vai ao inversor. O inversor converte a tensão CC para a tensão CA de saída para a carga. A ligação CC é utilizada para carregar as baterias. No modo de armazenamento o inversor fornece energia proveniente das baterias, caso haja falha de energia da fonte. A duração do modo de armazenamento depende da disponibilidade da fonte e do tempo de armazenamento das baterias. No modo *bypass*, a fonte de entrada CA está ligada diretamente à carga. Deve-se considerar que a frequência da fonte e frequência da carga devem ser iguais, a fim de poder existir a ligação direta entre fonte e a carga. A UPS opera neste modo quando há uma avaria interna ou em caso de manutenção [26]. Algumas UPS de dupla conversão podem funcionar num modo alta

eficiência (denominado *eco mode*) onde a carga é alimentada diretamente pela fonte através do modo bypass. Esta UPS reduz claramente as perdas, com uma eficiência superior a 98%. No entanto, o modo bypass pode expor a carga aos distúrbios da energia provenientes da fonte [27]. As principais vantagens da UPS *on-line* são os seguintes, a elevada tolerância contra as variações da tensão de entrada, a regulação da tensão de saída, frequência de saída controlável [26], a total independência entre a amplitude de entrada e a saída da tensão e frequência [21], usadas para potências entre os 5 kVA e acima de 2500 kVA [22]. As principais desvantagens desta topologia são, o baixo fator de potência, a baixa eficiência e alta THD (distorção harmónica total), perdas de energia mais elevadas em comparação com a UPS linha interativa, a vida útil é mais curta em comparação com as outras topologias devido à temperatura mais elevada [26], o retificador de entrada deve ser projetado para fornecer a energia máxima de saída fornecida pelo inversor à carga, mais a energia utilizada para carregar as baterias da UPS [21]. É a topologia mais usada nos Data Center devido ao desempenho, condicionamento de energia e proteção da carga. Esta UPS evita vários problemas de qualidade de energia que são, queda de tensão, sobretensão de curta duração, sobretensão, subtensão, ruído, transitórios, distorção harmónica, variação de frequência e flutuações de tensão [21].

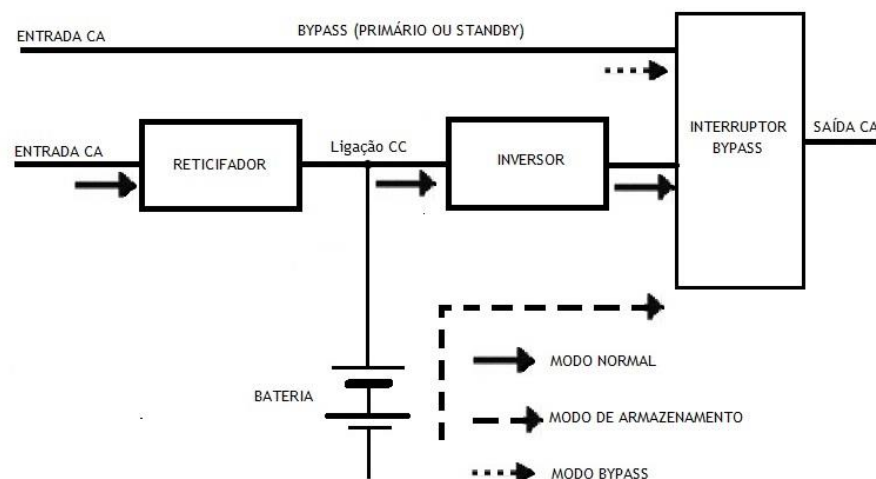


Figura nº 4.4 - UPS de dupla conversão baseada na norma IEC 62040-3.

4.2.5. UPS de conversão delta em linha

A UPS delta de conversão delta em linha foi introduzida para eliminar as desvantagens da UPS de dupla conversão em linha. Esta UPS é construída por um conversor delta, inversor principal, transformador delta e um bypass. Semelhante à UPS de dupla conversão em linha, a UPS de conversão delta em linha tem sempre o inversor a fornecer tensão à carga. No entanto, o conversor delta adicional também fornece energia à saída do inversor. Na ocorrência de falhas esta topologia tem comportamento semelhante à dupla conversão em linha. Podemos ver a UPS delta conversão na Figura nº 4.5. Na UPS conversão delta em linha, o conversor delta atua com uma dupla função. A primeira é a de controlar as características

da energia de entrada. Esta unidade do conversor recebe energia elétrica sinusoidal, minimizando os harmônicos introduzidos na rede de distribuição de energia. Isto assegura uma perfeita compatibilidade com a rede de distribuição de energia, reduzindo o aquecimento e o desgaste do sistema de distribuição de energia. A segunda função do conversor delta é a de controlar a entrada de corrente elétrica de forma a regular o carregamento do sistema de baterias. A UPS de conversão delta em linha fornece o mesmo tipo de características de saída de uma UPS de dupla conversão em linha. No entanto, as características de entrada são frequentemente diferentes. As UPS de conversão delta em linha fornecem um controlo dinâmico com correção do fator de potência de entrada, sem ter de recorrer à utilização ineficaz dos bancos de filtros. A principal vantagem traduz-se numa redução significativa das perdas de energia. O controlo de energia de entrada também torna a UPS compatível com todos os conjuntos de geradores e reduz a necessidade de sobredimensionamento da cablagem e dos geradores. Em condições de funcionamento estáveis, o conversor delta permite que a UPS delta conversão forneça energia para a carga com uma maior eficiência do que uma UPS de dupla conversão [25].

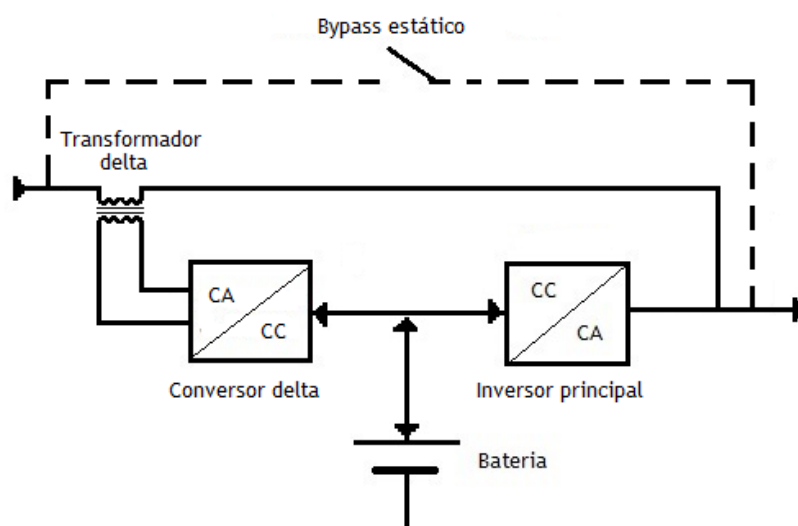


Figura nº 4.5 - UPS de conversão delta em linha.

4.3 Vários sistemas de configuração de UPS

Existem vários sistemas de configuração de UPS que fornecem energia desde a fonte até às cargas críticas do Data Center. Nestes sistemas de configuração podemos incluir: sistema N, isolamento de redundância (*isolated redundant*), paralelo de redundância (*parallel redundant*), redundância distribuída (*distributed redundant*) e sistema de configuração de redundância de sistema mais sistema "2(N+1)" (*system plus system "2(N+1)" redundant system*). Os sistemas de configuração são altamente fiáveis devido à sua redundância. O sistema N é um sistema composto por um único módulo de UPS ou um conjunto de módulos em paralelos cuja capacidade está combinada com a projeção da carga crítica [28]. (Figura nº

4.6) Durante a operação normal, a carga é fornecida através do sistema de UPS. Numa ocorrência de uma falha da UPS ou durante operações de manutenção, a carga é fornecida através do bypass [29].

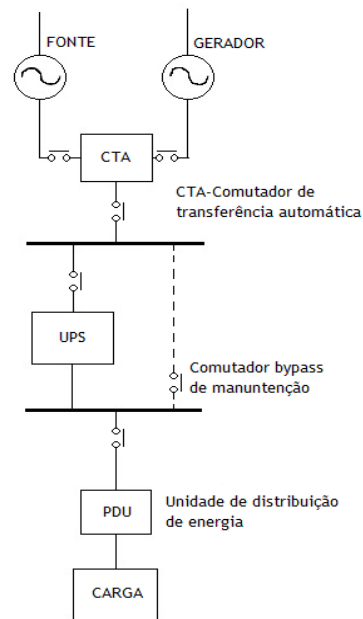


Figura nº 4.6 - Sistema de configuração capacidade (N).

Na configuração de UPS isolada de redundância existe um módulo UPS primário e um módulo UPS secundário. Desta forma, existe sempre a proteção do primeiro módulo no caso de falha. Durante a operação normal do sistema, o módulo da UPS primário (UPS A) fornece energia às cargas e o isolamento, ou o módulo da UPS secundária (UPS B), será descarregado e ficará em standby, como se pode verificar na Figura nº 4.7. Esta configuração redundante permite isolar os módulos individualmente para que se possa fazer a manutenção [29]. Esta configuração tem vantagens e desvantagens. Essas vantagens são: não precisa de sincronização; torna a UPS tolerância a falhas; e um custo relativamente baixo para um sistema de dois módulos [28]. As desvantagens desta configuração podem ser, requer que o bypass estático de ambos os módulos UPS deva operar corretamente, para assim poder fornecer de valor superior, o módulo UPS secundário tem de ser capaz de suportar uma carga súbita quando o módulo primário transfere para o bypass e tem um maior custo operacional devido a uma carga de 0% sobre o módulo de UPS secundário que consome energia para mantê-lo em funcionamento [28].

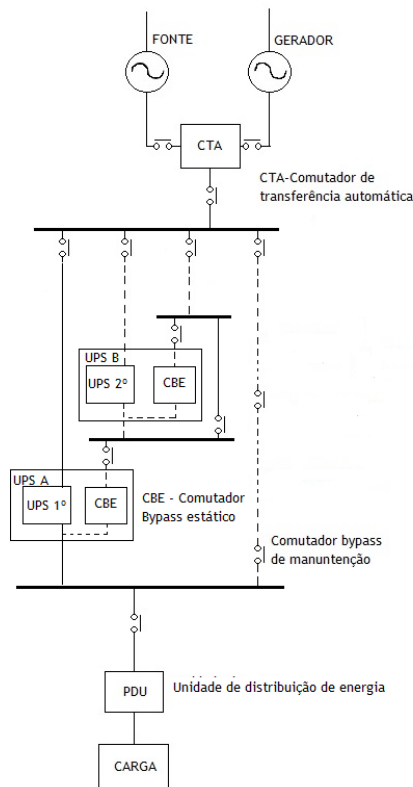


Figura nº 4.7 - Sistema de configuração isolado de redundância.

A configuração paralelo de redundância consiste em ter um (N+1) ou mais sistemas (N+X) de UPS de reserva e se algum dos módulos N estiverem danificados ou desligados, estes módulos podem ser ligados automaticamente para fornecer as funções desse sistema de UPS. A redundância pode reduzir o único ponto de falha. O sistema paralelo redundante pode fornecer normalmente até 99.99% da disponibilidade, o que significa que o sistema não funciona pelo menos do que 1 h/ano [30]. Ambas as UPS (UPS A e UPS B) estão projetadas e ligadas para partilhar as mesmas cargas [29] como podemos ver na Figura nº 4.8. Este sistema tem várias vantagens e desvantagens. As vantagens são: um nível de disponibilidade mais elevado do que o apresentado pela configuração capacidade, porque a capacidade adicional pode ser utilizada quando um dos módulos UPS falhar; menor probabilidade de falha em relação à configuração redundante isolado, porque existe menos disjuntores; os módulos UPS estão *online* o tempo todo; e é possível configurar vários módulos de UPS na mesma instalação [28]. Como desvantagens podemos mencionar o facto de ambos os módulos terem que ser compatíveis (a mesma tecnologia e a mesma configuração [29]).

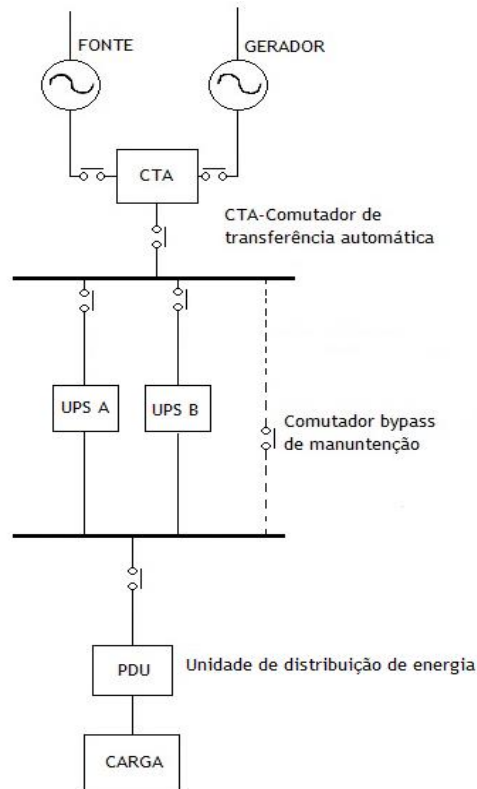


Figura nº 4.8 - Sistema de configuração paralelo de redundância.

O sistema de redundância distribuída está concebido maneira a que a carga esteja distribuída uniformemente entre todos os módulos da UPS [29]. Esta configuração é utilizada em Data Centers de grandes dimensões [28]. Este sistema tem várias vantagens e desvantagens. As vantagens são: permite uma manutenção simultânea de todos os componentes se todas as cargas tiverem cabo duplo para o equipamento TI; redução de custos devido ao menor número de UPS; e os módulos de UPS, comutadores e outros equipamentos de distribuição podem ser mantidos sem transferir a carga para o modo bypass. As desvantagens são: tem elevado custo devido ao uso extensivo de comutadores quando comparado com as outras configurações anteriores; configuração complexa porque em grandes instalações têm muitos módulos UPS; muitos comutadores de transferência estáticos e PDU (*Power Distribution Unit*); modos de funcionamento inesperados porque o sistema tem muitos modos de funcionamento e muitas transições possíveis entre os modos [28]. O sistema de configuração de redundância distribuída está ilustrado na Figura nº 4.9.

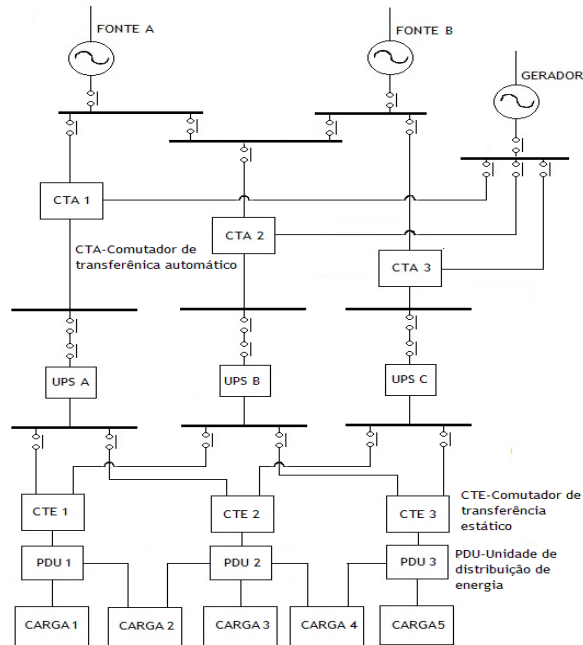


Figura nº 4.9 - Sistema de configuração de redundância distribuída.

O sistema de configuração de redundância de sistema mais sistema “2(N+1)” (system plus system redundant system) é o mais fiável e o mais caro. Consiste em dois sistemas de paralelo de redundância que estão ligados em paralelo como mostra a Figura nº 4.10. Esta configuração oferece uma redundância completa, mesmo durante a manutenção desde a fonte até às cargas críticas [29]. Este sistema tem várias vantagens e desvantagens. As vantagens são: disponibiliza dois caminhos de fornecimento de energia, o que permite que não haja pontos únicos de falha; muito tolerante a falhas; a configuração oferece uma completa redundância desde a entrada até às cargas críticas; é fácil manter os sistemas uniformemente carregados e saber quais dos sistemas está fornecer a carga. A desvantagem é ter um elevado custo devido à quantidade de componentes redundantes [28].

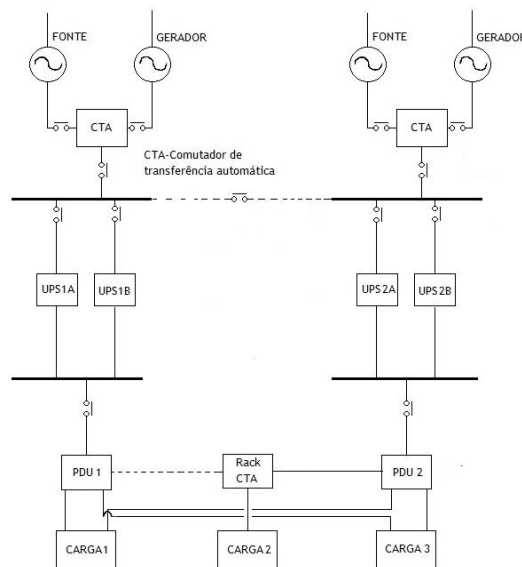


Figura nº 4.10 - Sistema de configuração 2(N+1).

4.4 Comparação das características técnicas de várias UPS

Existe uma grande variedade de marcas, modelos e topologias que as empresas fornecem, mas com características diferentes de desempenho. Por isso, foram selecionadas as seguintes UPS com o objetivo de efetuar uma análise comparativa entre elas e que se pode ver na Tabela nº 4.1. A comparação que podemos realçar entre estes modelos é o fator de potência na entrada, frequência nominal à saída e eficiência. Dos vários modelos que analisamos o que tem maior fator de potência de entrada é o modelo da *Schneider Symmetra™*, enquanto que o modelo *Socomec Delphys™* e *BPC PPC™* têm o menor valor. Entre os modelos UPS apresentados no quadro anterior, o mais eficiente é o modelo *Schneider Symmetra™* e o modelo menos eficiente é o *Socomec Delphys™*. O modelo que tem uma maior frequência nominal de saída e entrada é o *Riello MHT™*.

Tabela nº 4.1 - Características técnicas de vários modelos de UPS.

Características técnicas	Marcas e modelos							
	Borri B9600 FXS 400kVA	BPC PPC 400	Delta DPS-400K 400kVA	ENP Chloride 80net 400kVA	Riello MHT 400 400kVA	Salicru SLC- 400XTRA 400V	Schneider 400V Symmetra	Socomec Delphys MX 400
Entrada								
Tensão Nominal	380,400,415V	400V	380,400,415V	400V	380,400,415V	380,400,415V	400V	380,400,415V
Tolerância de tensão	-20%, 15%	-20%, 15%	-40% 20%					340 a 460V
Frequência nominal	50/60Hz	50Hz ±10%	50/60±5Hz	50Hz±10%	45-65Hz	50/60Hz	50Hz	50/60Hz
Tolerância de frequência		± 2,3,4 ou 5%			±2%			±5Hz
Fator de potência	0.99	0.9	>0.99	>0.99	>0.99	>0.99	1	0.93
Saída								
Tensão Nominal	380,400,415V	400V	380,400,415V	400V	380,400,415V	380,400,415V	400V	380,400,415V
Tolerância de tensão			±1%					<1%
Frequência nominal	50/60Hz	50Hz	50/60±0.05Hz	50Hz	45-65Hz	50/60Hz	50Hz	50/60Hz
Tolerância de frequência								±0.2%
Fator de potência	0.9							0.9 ind a 0.9 capac.
Eficiência	Online->95% Eco-96-98%	95%	CA-CA >96% Eco >99%	CA-CA 98%	98.5%	Online- 95-96% Eco->98%	CA-CA 97%-100% carga	Online- até93.5%; Eco - 98%
Ambiente								
Temperatura de serviço	0°C ±40°C	0°C a 40°C	0 - 40°C	0-40°C	0-40°C	0-40°C	0-40°C	0-35°C
Humidade relativa		<90% a 20°C	0-95%	<95%	<95%	<95%	0-95%	0-95%
Altitude máxima	<1000m	<1000m				<1000m	0-1000m	1000m (max 3000m)
Normas								
Segurança, CEM, Funcionamento	EN62040-1; EN62040-2; EN62040-3	EN50091-2	EN62040-1; IEC6100-4; IEC62040-2	EN62040-3	EN62040-1; EN62040-2	EN62040-1; EN60950-1; EN62040-2; EN62040-3;	EN62040-3; EN50091-2	EN62040-1; EN62040-2; EN62040-3; IEC60950-1
Bypass								
Tensão nominal				400V±10%	360-400-420V			380,400,415V
Tolerância de tensão								±10%
Frequência nominal					50/60Hz			50/60Hz
Tolerância de frequência								±2Hz (2-4Hz)

5.1 Sistemas de ligação à terra para UPS

Um sistema de ligação à terra adequado deve ser disponibilizado corretamente para cada sistema de UPS para garantir um bom o seu bom funcionamento. O sistema de ligação à terra permite a proteção do circuito para remover um defeito de contato, e fornece caminhos para desviar a corrente de pico da UPS e remover a corrente indesejável da carga crítica. Mas na prática existem vários problemas causados pela inadequada ligação à terra da UPS. As técnicas de ligação à terra dependem de vários fatores, tais como a configuração da UPS e o tipo de ligação da carga à UPS. A norma IEC 60364 define os três tipos de sistemas de ligação à terra. Cada sistema de ligação à terra é identificado por duas letras. A primeira letra é a ligação entre o neutro da fonte de energia e a terra [31]. Pode ser a letra T ou I. Se for a letra T é a ligação direta de um certo ponto do sistema de energia à terra. Se for a letra I quer dizer que a ligação do sistema de energia é isolado da terra ou a ligação à terra é feita através de uma elevada impedância [32]. A segunda letra é a ligação entre os equipamentos elétricos e a terra [31]. Pode ser a letra T ou N. A letra T quer dizer que as partes condutivas estão ligadas diretamente à terra [32]. A letra N é a ligação dos equipamentos elétricos com o neutro que já está ligado à terra através da fonte de alimentação. As possíveis combinações que referi acima podem ser de três tipos de sistema de ligação à terra que são TT, TN e IT. O sistema TN pode ainda ter três subsistemas que são TN-S quando a função de proteção é fornecida pela separação do condutor de proteção do neutro da fonte de energia que é chamado condutor PE, TN-C é combinação da função de proteção e do neutro num único condutor chamado PEN, TN-C-S é a combinação dos dois sistemas anteriores [31]. O sistema TT tem um ponto da alimentação ligado diretamente à terra, sendo as massas da instalação elétrica ligadas a eletrodos de terra diretamente distintos do eletrodo de terra de alimentação. No sistema IT todas as partes ativas estão isoladas da terra ou um ponto destas está ligado à terra por meio de uma impedância, sendo as massas da instalação elétrica ligadas à terra [33]. Na Figura nº 5.1 podemos ver os vários sistemas de ligação à terra.

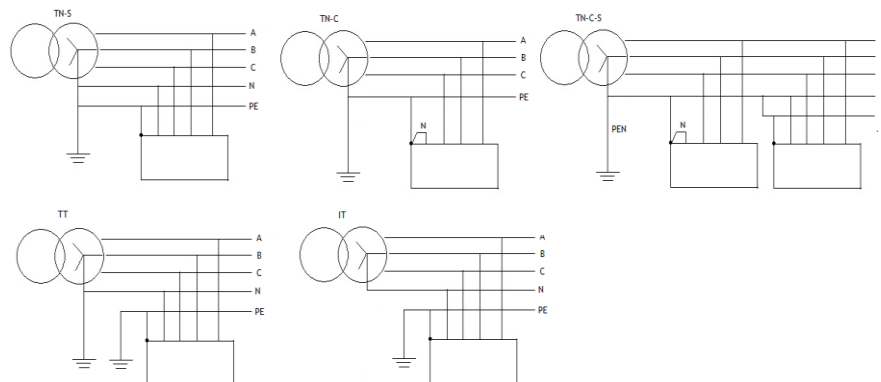


Figura nº 5.1 - Vários sistemas de ligação à terra.

5.2 Transformadores de isolamento em sistemas de UPS

Em alguns sistemas de energia de Data Centers os transformadores são desnecessários em conjugação com a UPS. Mas existem muitas situações onde os transformadores são precisos ou são instalados em combinação com as UPS. A configuração de um sistema de UPS é dividido em 3 categorias, sendo diferenciado com a presença de um bypass estático e como é ligado.

Estas categorias são:

- Alimentação simples.
- Alimentação dupla.
- Alimentação simples sem bypass.

Podemos verificar os diversos esquemas na Figura nº 5.2.

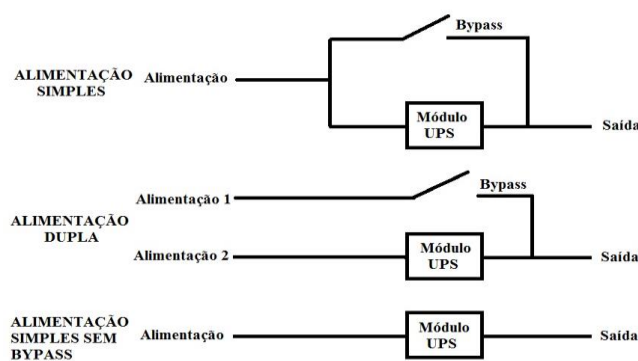


Figura nº 5.2 - Três configurações de alimentação nos sistemas de UPS.

Na configuração da alimentação simples existe uma única alimentação que fornece o bypass e o módulo da UPS que estão ligados entre si à UPS. Esta configuração pode ser encontrada tanto em pequenos Data Centers como também em grandes Data Centers. Os principais benefícios destes sistemas são a sua simplicidade e o baixo custo de instalação. A desvantagem é o fornecimento da alimentação principal que não pode ser retirado para manutenção sem interromper o fornecimento de energia à carga crítica, no entanto, esta desvantagem pode ser superada com a colocação de disjuntores no sistema principal.

Na configuração de alimentação dupla existe uma dupla alimentação, a primeira alimentação (alimentação 1) é feita através do bypass, enquanto que a segunda alimentação (alimentação 2) é feita pelo módulo da UPS. Uma razão para utilizar esta configuração é que permite desligar cada um dos cabos para manutenção até que a energia que é fornecida seja estabelecida à carga crítica. A configuração de alimentação dupla é preferencialmente utilizada em grandes Data Centers.

A configuração de alimentação simples sem bypass é principalmente empregue em situações onde a qualidade de energia é considerada insatisfatória.

Nas três configurações descritas anteriormente podemos incluir um ou mais transformadores no caminho da energia.

Na Figura nº 5.3 podemos ver as possíveis localizações dos transformadores nas três configurações de UPS.

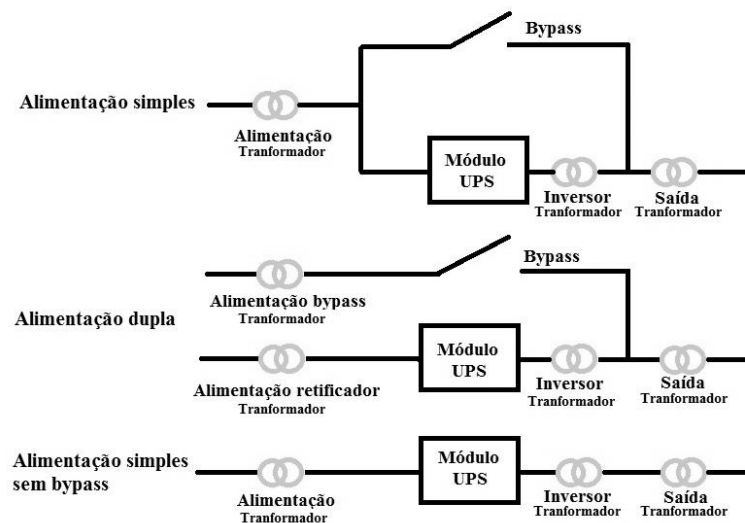


Figura nº 5.3 - Possível localização dos transformadores de isolamento nas três configurações de sistemas de UPS.

As configurações básicas são mostradas na Figura nº 5.3 – várias combinações de módulos UPS, transformadores e bypass – são referidos neste capítulo como "sistemas UPS". Da mesma forma, "módulo UPS" refere-se aos conversores de energia e componentes de armazenamento de energia do sistema da UPS que juntos fornecem energia ininterrupta. Um "produto UPS" refere-se a um dispositivo que se encontra num compartimento que contém pelo menos um módulo de UPS, mas também podem conter vários transformadores e os dispositivos de bypass. Produtos UPS são muitas vezes descritos como "*transformer-based*" ou "*transformerless*". Esta distinção refere-se à presença ou ausência de um transformador inversor no compartimento do produto da UPS. Os vários transformadores são mostrados na Figura nº 5.2, com a exceção do transformador inversor, são todos opções dentro de um produto UPS ou podem ser instalados externamente ao compartimento da UPS. Esta questão é muito importante para a discussão seguinte e deve ser clarificada: a distinção entre uma UPS *transformerless* e uma UPS *transformer-based* é a presença do transformador inversor. Os transformadores são geralmente representados pelo símbolo de duplo círculo sobrepostos como se verifica na Figura nº 5.3, que será usado para representar os transformadores. No entanto, este símbolo representa uma simplificação do diagrama de ligação efetiva de um transformador, o que é mostrado na Figura nº 5.4.

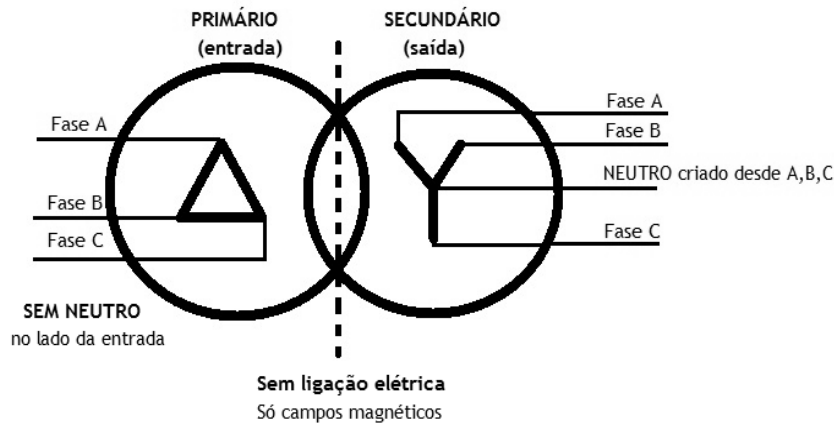


Figura nº 5.4 - Diagrama do transformador *delta-ye*.

O primário, ou entrada, está a nossa esquerda e está ligado a três fases de alimentação que são aplicadas aos enrolamentos do transformador que são ligados na configuração "delta", como se vê pela forma triangular. O secundário, ou saída, está ligado na configuração "ye" (em forma de Y) e é composto por três fases de alimentação e um ponto central, ou neutro. Não há ligação elétrica entre a entrada e saída; a energia é transferida por meio de campos magnéticos entre a entrada e a saída. O que é importante notar é que não existe nenhuma ligação do neutro na entrada. Mesmo se o circuito de alimentação tem uma ligação de neutro, que não é utilizado como um transformador delta-ye. O transformador "faz" um novo neutro na saída - um novo neutro, que não tem nenhuma ligação elétrica para qualquer neutro na entrada. Na verdade, todo o circuito de saída está com uma tensão indeterminada no que diz respeito à entrada ou à terra, que é referido como "flutuante".

O sistema de alimentação simples é o mais comum na configuração de UPS e é utilizado em mais de 50% de todas as instalações de UPS. A vantagem deste sistema é que é relativamente simples de conceber e de instalar, mas apresenta um bypass que dá uma variedade de redundância e benefícios na manutenção. Pequenos sistemas de UPS abaixo de 10 kW geralmente têm uma simples entrada e devem ser usados na configuração de alimentação simples. Podemos verificar na Figura nº 5.5 a localização dos três transformadores. Os transformadores podem estar localizados perto da UPS ou localizados remotamente da UPS. A Tabela nº 5.1 descreve a função de cada transformador, quando é necessário e as questões relacionados com a localização física (local vs remota).

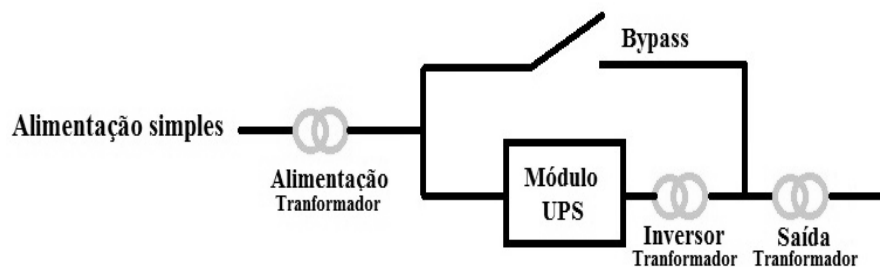


Figura nº 5.5 - Localizações possíveis do transformador na alimentação simples.

Localização	Funções	Quando necessário	Localização física
Entrada	-Alteração da tensão principal -Mudança do sistema terra para TN-S -Isolar UPS	-A tensão principal pode ser alterada para coincidir com a tensão da UPS -O sistema de terra principal não é compatível com a carga e não existe transformador de saída	-Se o transformador está perto da UPS, a elevada qualidade do sistema terra TN-S é criada à saída da UPS -Se o transformador está longe da UPS, exige que o sistema de ligação à terra TN-S seja criado no local do transformador, o que não é ideal
Inversor	-Este transformador não fornece funções na configuração de alimentação simples, mas pode estar presente devido ao desenho da UPS	-Nunca precisa desta configuração	-Nas velhas UPS este transformador talvez esteja integrado no desenho da UPS e não pode ser removido, mas não fornece qualquer função útil.
Saída	-Mudança da tensão de saída da UPS -Mudança do sistema terra para TN-S, se a UPS não usar TN-S -Melhora a qualidade do sistema terra TN-S se a entrada do transformador não está presente ou está localizado remotamente	-A tensão da UPS deve mudar para coincidir com a tensão de carga da TI -O sistema terra principal da UPS não é compatível com a carga TI e não existe transformador de entrada -O sistema de terra de entrada é compatível com a carga da TI mas a qualidade do circuito neutro é baixa ou o transformador de entrada está localizado remotamente	-Se as cargas de TI estão longe da UPS, a localização do transformador remotamente (mais perto das cargas de TI) tem vantagem em criar a TN-S perto da carga da TI, melhorando a qualidade do sistema terra.

Tabela nº 5.1 - Descrição da localização dos 3 transformadores de simples alimentação.

A configuração da alimentação dupla é utilizada em grandes instalações. Nesta configuração existem 4 opções para a localização dos transformadores como se pode verificar na Figura nº 5.6.

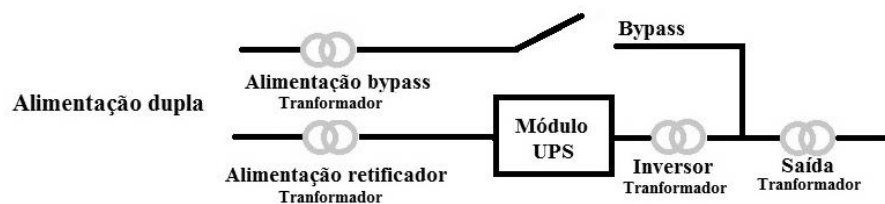


Figura nº 5.6 - Localizações possíveis do transformador na alimentação dupla.

A razão do uso do sistema de alimentação dupla é permitir fazer em simultâneo a manutenção e a alimentação dos disjuntores na UPS. Também deve ser usado quando a arquitetura do sistema prevê o fornecimento do retificador e do bypass através de diferentes fontes. Na Tabela nº 5.2 a seguir descreve-se as características da localização dos 4 transformadores em sistemas de dupla alimentação.

Localização	Funções	Quando necessário	Local
Bypass	<ul style="list-style-type: none"> -Isolar o bypass neutro a partir das correntes geradas pelo inversor. -Alterações do bypass da tensão principal -Alterações do bypass do sistema terra para TN-S -Isolar o bypass da má qualidade do neutro. -Proteger a UPS de condições neutras causadas por disjuntores. 	<ul style="list-style-type: none"> - A tensão bypass deve ser alterada para coincidir com a tensão da UPS. - O bypass do sistema terra não é compatível com a carga e não há transformador na saída. -A proteção RCD é usada no fornecimento da alimentação. -Disjuntores de 4 polos são usados no fornecimento do bypass 	<ul style="list-style-type: none"> -A saída do neutro da UPS é sempre a mesma que o bypass neutro, a menos que haja um transformador de saída. -Se este transformador localizar-se remotamente da UPS, exige que o sistema de ligação à terra TN-S seja criado no local do transformador, o que não é ideal
Retificador	<ul style="list-style-type: none"> -Alterar o retificador da tensão principal 	<ul style="list-style-type: none"> -Isolar a entrada da UPS a partir de uma rede incompatível ao sistema terra. -A mudança da tensão da UPS é necessária. 	<ul style="list-style-type: none"> -Este transformador não protege completamente a UPS das condições do neutro causadas por comutadores de transferência a montante porque a UPS neutra é normalmente derivada a partir da entrada do bypass
Inversor	<ul style="list-style-type: none"> -Isolar o bypass neutro de correntes geradas pelo inversor 	<ul style="list-style-type: none"> -O bypass é de uma fonte derivada separadamente e não existe transformador retificador presente. 	<ul style="list-style-type: none"> -Este transformador proporciona o mesmo isolamento neutro como o transformador retificador, mas não pode efetuar a alteração da tensão. -A energia de carga flui sempre através deste transformador de modo a que o isolamento entre a entrada de rede seja melhor fornecido no caminho do bypass uma vez que aumenta a eficiência do sistema
Saída	<ul style="list-style-type: none"> -Alterar a tensão de saída da UPS -Alterar o sistema terra para TN-S se a UPS não está a usar TN-S -Melhorar a qualidade do sistema TN-S se a entrada do transformador não está presente ou está localizado remotamente 	<ul style="list-style-type: none"> -A tensão da UPS deve ser alterada para coincidir com a tensão de carga da TI -O sistema terra da UPS não é compatível com a carga da TI e não há transformador de saída -O sistema terra de entrada é compatível com a carga de TI, mas a qualidade do circuito neutro é reduzida ou quando o transformador de entrada, se estiver presente, está localizado remotamente. 	<ul style="list-style-type: none"> -Se as cargas da TI estão longe da UPS, o transformador está localizado remotamente da UPS e perto das cargas de TI, logo tem a vantagem de criar o sistema TN-S perto da carga de TI, melhorando a qualidade do sistema de ligação à terra.

Tabela nº 5.2 - Características da localização dos 4 transformadores em sistemas de dupla alimentação.

A configuração da alimentação simples sem bypass é usada quando a qualidade da energia de alimentação de saída é fraca ou o sistema de alimentação de ligação à terra está degradado. O esquema de configuração sem bypass com a possível localização do transformador pode-se verificar na Figura 5.7.

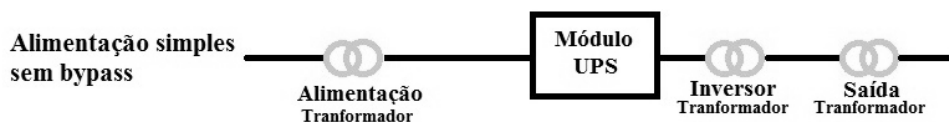


Figura nº 5.7 - Localizações possíveis do transformador na alimentação simples sem bypass.

Na Tabela nº 5.3 a seguir descreve-se a função de cada transformador nesta configuração.

Localização	Funções	Quando necessário	Local
Entrada	-Mudança da tensão principal -Mudança do sistema TN-S -UPS isolada	-A tensão principal deve ser alterada para coincidir com a tensão da UPS -O sistema terra não é compatível com a carga e não existe transformador de saída	-Se o transformador está localizado na UPS, a elevada qualidade do sistema TN-S é criado à saída da UPS -Se este transformador estiver localizado longe da UPS é criado o sistema de TN-S no local do transformador, o que não é ideal
Inversor	-Isolar a saída do neutro de baixa qualidade	-A saída do sistema neutro deve ser separada da entrada do neutro.	- O neutro deste transformador pode ser ligado à terra porque não existe bypass, criando uma fonte derivada separadamente.
Saída	-Mudança da tensão de saída da UPS -Mudança do sistema terra para TN-S, se a UPS não usar TN-S -Melhorar a qualidade do sistema TN-S se a entrada do transformador não está presente ou está localizado remotamente	-A tensão da UPS deve ser alterada para corresponder a tensão de carga da TI. -O sistema de terra da UPS não é compatível com a carga de TI e não há transformador de entrada -O sistema terra de entrada de TI é compatível com a carga mas a qualidade do circuito neutro é baixa ou o transformador de entrada está atualmente localizado remotamente	-Se as cargas da TI estão longe da UPS, o transformador está localizado remotamente da UPS e perto das cargas de TI, tem a vantagem de criar a TN-S perto da carga de TI, melhorando a qualidade do sistema de ligação à terra.

Tabela nº 5.3 - Descrição da localização dos 3 transformadores.

Conclui-se que muitas instalações de UPS utilizam transformadores. Pois eles têm uma função importante nas instalações de UPS incluindo a alteração do valor nominal da tensão, interface entre os sistemas de terra eliminar caminhos fechados e protegem dos vários tipos de falhas que possam ocorrer [34].

5.3 Sistemas de UPS sem transformadores de isolamento

Em sistemas de UPS sem transformador (*transformerless*) o desempenho do retificador apresenta uma maior diferença em relação aos sistemas de UPS convencionais com transformadores de isolamento. Os sistemas de UPS sem transformadores não têm transformador de isolamento de saída ou transformadores de deslocamento de fase de entrada. Os avanços da tecnologia de semicondutores e de microprocessadores permitiram o uso do transistor bipolar de porta isolada (IGBT) em vez de tiristores nos retificadores. Os IGBT são empregues em retificadores utilizando sinais PWM com o objetivo de elevar a tensão do barramento CC intermédio para um nível mais elevado do que o retificador de fase controlada no caso de UPS com transformador (*transformer-based*). Isto permite que o inversor forneça diretamente uma tensão de saída CA compatível com a tensão original de entrada. Sem transformador, os efeitos secundários desaparecem, e que podemos referir como: degradação de eficácia; aumento de tamanho/peso; e degradação da fiabilidade térmica. Além disso, os sistemas de UPS sem transformadores fornecem um melhor fator de potência de saída e uma melhor distorção harmónica total, quando comparados com as UPS com isolamento de transformador.

Vamos analisar algumas topologias de UPS sem transformadores. Na Figura nº 5.8 mostra-se o diagrama de uma UPS monofásica sem transformador. A UPS monofásica realiza uma elevação do valor da tensão na correção de fator de potência (PFC-*Power Factor Correction*) na fase de entrada, a fim de manter a necessária tensão do barramento CC (800 V) e obter uma elevada qualidade de energia de entrada (fator de potência unitário e THD baixo). Devido à sua estrutura de topologia, o circuito de PFC pode produzir elevados níveis de tensão de corrente contínua, de modo a que unidade inversora possa produzir uma tensão saída CA, sem a necessidade de transformador de elevação na saída.

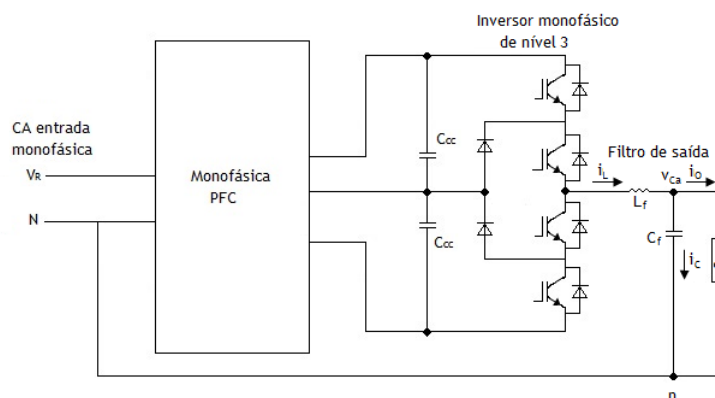


Figura nº 5.8 - Diagrama de UPS monofásica sem transformador: empregando um inversor de saída de três níveis.

A topologia de fonte de tensão inversora de nível dois (Figura nº 5.9a), ou preferencialmente a topologia inversora de três níveis (Figura nº 5.9b ou como na Figura nº 5.8) pode ser utilizada na saída do inversor da UPS. Usando a topologia de três níveis, a eficiência global do conversor pode ser maior do que o inversor de dois níveis. Também o tamanho do filtro de saída do conversor pode ser concebido com dimensões reduzidas.

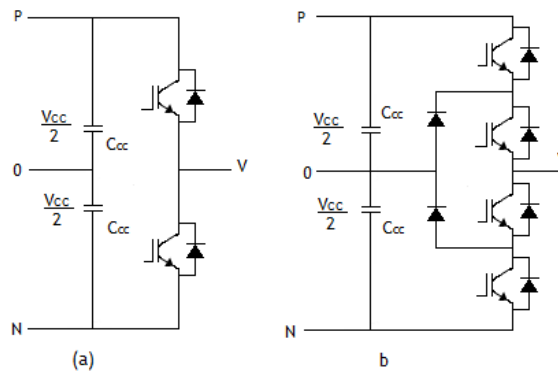


Figura nº 5.9 - (a) Topologia de fonte de tensão inversora de dois níveis, (b) topologia com inversor de três níveis.

Na Figura nº 5.10, mostra-se o diagrama de uma UPS trifásica sem transformador. O módulo retificador da UPS consiste num conversor de fonte de tensão (*VSC-Voltage Source Converter*), que também é chamado retificador de impulso PWM. O VSC pode fornecer uma saída de tensão do barramento CC constante, com baixa distorção harmónica total (THD), permite um fluxo de energia bidirecional e um fator de potência totalmente controlável. A topologia de inversor de meia ponte é utilizada na unidade inversora em UPS trifásicas. Também existem outras topologias de inversores, como o inversor de quatro caminhos (*four-leg inverter*). Com a utilização da topologia de inversores de quatro caminhos, não há necessidade de um ponto neutro comum num barramento CC. No entanto, em inversores de meia ponte todas as três fases de saída podem ser controladas de forma independente. Também, devido ao custo adicional do caminho inversor, é usada normalmente a topologia de meia ponte.

Se a UPS falhar, a carga é religada à rede de distribuição por meio de um circuito de comutador de bypass estático feito por tiristores back-to-back. Este arranjo é igualmente observado tanto para situações com transformador como sem transformador, com a diferença de ser na implementação de retificadores, inversores e no circuito de baterias. O circuito de comutador de bypass estático também permite que a UPS funcione com elevada eficiência energética durante as cargas não críticas nas horas de funcionamento em instalações. A chamada operação eco-mode é utilizada em muitas aplicações. Mesmo o sistema de UPS com transformador de isolamento utiliza tal configuração, apresentando a propriedade de isolamento galvânica da UPS. Como resultado pode-se afirmar que ambas as configurações UPS estão sem uma verdadeira propriedade de isolamento galvânica (que só é exigido por muito poucas aplicações especiais). Em particular no sistema de UPS trifásico sem transformador UPS com elevada potência, a eficiência energética torna-se uma questão. A topologia do inversor de

três níveis torna-se atrativa, nas fases de entrada e de saída do sistema de UPS sem transformador. No inversor de dois níveis, a fase para a tensão de saída do neutro é composta por comutação de tensão de $V_{cc}/2$ e $-V_{cc}/2$. Assim, o stress sobre os elementos de filtragem é mais elevado e é necessário um grande filtro de saída. Além disso, as perdas de comutação do IGBT são elevadas, devido à comutação de tensão total de barramento CC. No entanto, para o caso do inversor de três níveis, a fase para uma tensão de saída do neutro é composta por uma comutação de tensão de $V_{cc}/2$, 0 e $-V_{cc}/2$. O stress sobre os elementos do filtro de saída e as perdas do IGBT são menores. Assim, a eficiência global do inversor de três níveis é maior do que o inversor de dois níveis [35].

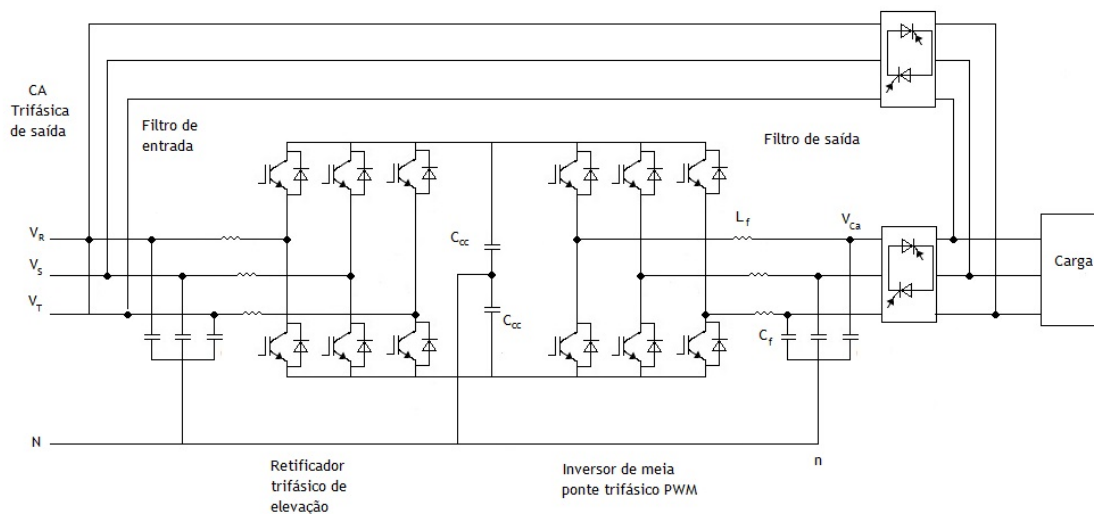


Figura nº 5.10 - Circuito trifásico de uma UPS sem transformador.

5.4 Comparação entre de sistemas de UPS transformadores de isolamento e sem transformadores

Depois de falarmos dos sistemas de UPS com transformadores de isolamento e sistemas de UPS sem transformadores, devemos fazer uma comparação entre eles sobre vários aspetos, como o custo, a fiabilidade, o tamanho e o peso, a eficiência, o ruído e a falha de isolamento. O custo inicial de uma UPS sem transformador é menor do que uma UPS com transformador. A UPS com transformador é mais fiável do que uma UPS sem transformador, e tem um maior MTBF, devido aos princípios básicos de engenharia elétrica aplicados nas operações SCR, ao invés do controlo sofisticado do IGBT com comutação de elevada frequência. O tamanho é provavelmente um dos fatores mais importantes para escolher uma UPS sem transformador. Removendo o transformador da UPS pode obter-se uma redução de tamanho em alguns casos em 50 a 60%. O uma vez que as UPS sem transformador estão limitadas em potência até 300 kVA, usar estas UPS para grandes Data Centers com potências na ordem dos MW era preciso ter um grande número de UPS em paralelo, o que pode ser difícil. Por esta razão, muitos Data Centers com necessidades elevadas, ainda usam UPS com transformador com potências nominais da ordem dos 700, 750 e mesmo 1100 kVA.

A eficiência é uma área que pode ser debatido entre UPS com transformador e UPS sem transformador. A elevada frequência de comutação do retificador IGBT causa mais perdas ao sistema do que um simples SCR. No entanto, devido à ausência do transformador de entrada e de saída, o sistema global tem quase a mesma eficiência, onde a UPS com transformador pode ter uma eficiência de 93 a 93.5% e uma UPS sem transformador pode atingir uma eficiência até 94%. A principal diferença quando se trata de eficiência entre a UPS com vs sem transformador é o tamanho e as aplicações. A UPS sem transformador terá sempre uma curva de eficiência similar à Figura nº 5.11, o que é excelente.

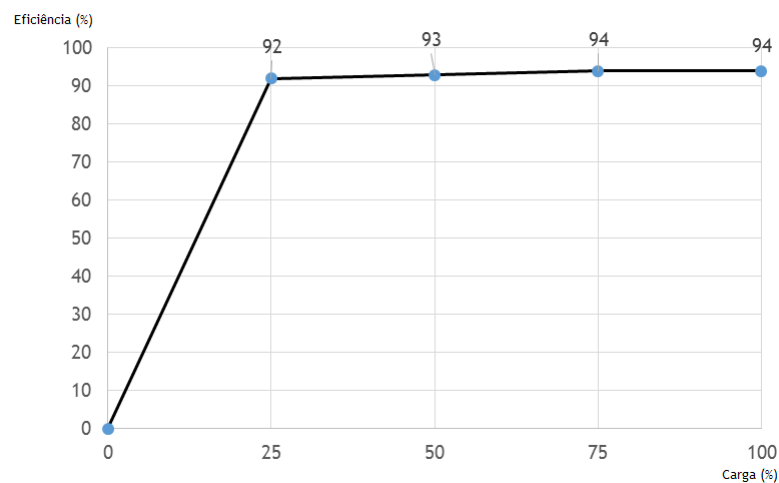


Figura nº 5.11 - Curva de eficiência de uma UPS sem transformador.

A UPS com transformador produz um zumbido intensivo que é sempre combinado com o ruído do ventilador de arrefecimento. Em relação ao isolamento de falhas, a UPS com transformador tem claramente vantagem sobre a UPS sem transformador. O transformador de isolamento é uma barreira física que impede qualquer falha de propagar para o barramento CC a partir da seção de entrada ou para o barramento CC a partir da seção de saída [24]. Podemos verificar na Tabela nº 5.4 a comparação da UPS com transformador ou sem transformador.

Tipos e critérios	Sem transformador	Com transformador
Flexibilidade da localização	+++	+
Tamanho e peso	+++	+
Gestão da forma de onda de entrada	+++	+
Sistema eficiente	+++	+
Custos iniciais do sistema	+++	++
Robustez	+	+++
Flexibilidade da configuração de entrada/saída	+	+++
Número de componentes	+	+++
Disponibilidade	+	+++
Falha de gestão	+	+++
Ótimo=+++ Melhor=++ Bom=+		

Tabela nº 5.4 - Comparação entre com transformador e sem transformador.

Folha em branco

6.1. Armazenamento de energia em UPS

O armazenamento de energia consiste na retenção da energia elétrica disponível num determinado momento, ou período de tempo, de uma forma que permite ser disponibilizada posterior. Existem vários tipos de dispositivos de armazenamento de energia elétrica que são utilizados em sistemas de energia crítica. Os sistemas de armazenamento de energia utilizados pelas UPS servem para substituir a fonte principal de energia e têm que observar características como a disponibilidade imediata da alimentação elétrica, a potência nominal suficiente para fornecer a carga, e tempo de reserva suficiente e/ou compatibilidade com sistemas com capacidade para tempos de reserva prolongados. Os sistemas de armazenamento de energia elétrica estão classificados em sistemas de armazenamento eletroquímico, mecânico e elétrico como se pode ver na Figura nº 6.1.

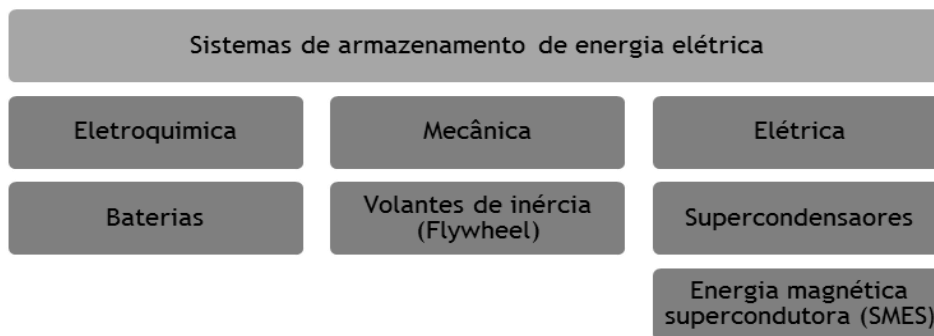


Figura nº 6.1 - Classificação de sistemas de armazenamento de energia elétrica de acordo com a forma de energia.

6.2. Baterias

As baterias são frequentemente utilizadas em armazenamento de energia em UPS. As baterias são uma solução dominante devido ao custo reduzido, à eficácia comprovada e à capacidade de armazenamento, apresentam no entanto várias desvantagens no que respeita ao tamanho, à manutenção e ao ambiente. Nas aplicações de UPS as baterias geralmente oferecem 5-15 min de energia de backup antes do gerador começar a funcionar [36].

A principal diferença entre as baterias são os materiais usados, tais como os elétrodos e eletrólitos, o que determinam as características específicas das baterias. Os principais tipos de baterias utilizadas em conjunto com as UPS são as baterias ácido-chumbo, níquel-cádmio e íões de lítio [37].

6.2.1. Bateria de ácido-chumbo

As baterias de ácido-chumbo (Figura nº 6.2) são o tipo de baterias mais utilizadas em todos os tipos de UPS.

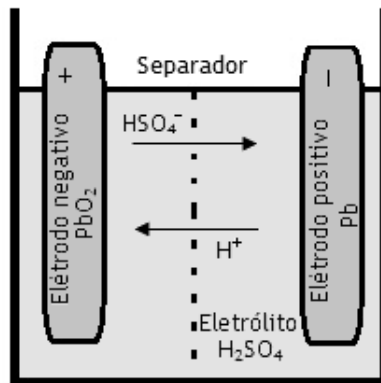


Figura nº 6.2 - Princípio do processo de descarga e carga de uma célula de ácido-chumbo.

Existem dois tipos de baterias que são as mais usadas em UPS que são as seladas (VRLA) e as ventiladas (*flooded-cell*). As baterias VRLA geralmente têm menores custos, mas têm uma vida mais curta do que as baterias ventiladas, que pode ser de cinco anos [38]. A vida útil destas baterias são geralmente de 6 a 15 anos, com um ciclo de vida de 1500 ciclos a 80% de descarga, e podem atingir níveis de eficiência de cerca de 80% a 90%. Uma desvantagem das baterias de ácido-chumbo é a diminuição da capacidade utilizável quando é descarregada a um nível muito baixo. Outras desvantagens podem ser enumeradas, por exemplo, têm uma menor densidade energética e a utilização de chumbo apresenta um risco ambiental. As vantagens são um favorável custo/desempenho, fácil reciclagem e um processo simples de carregamento [39]. Podemos observar na Tabela nº 6.1 uma análise SWOT das baterias de ácido-chumbo [40].

Bateria ácido-chumbo	
Interno	<p>Pontos Fortes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hoje existe um elevado número de itens. • Densidade de energia. • Segurança inerente pela reação de sobrecarga controlada. • Sem necessária gestão complexa da célula. • Experiência em grande armazenamento. • Período de amortização curto. • Baixo investimento inicial. <p>Pontos Fracos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de carga e descarga não são simétricas. • Necessidade de ventilação. • Restrições à localização do sistema de bateria. • Ciclo de vida limitada.
Externo	<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Significativa redução de custos através da produção automatizada. • Localização independente. • Grande número de fabricantes em todo o mundo. <p>Ameaças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proibição do uso do chumbo. • Limitação dos depósitos de chumbo. • Problemas de aceitação social devido à remoção do enxofre.

Tabela nº 6.1 - Análise SWOT de bateria de ácido-chumbo.

6.2.2. Bateria de ácido-chumbo seladas

As baterias ácido-chumbo seladas (VRLA) têm sido usadas em sistemas de UPS. Estas baterias permitem elevadas densidades de energia, foram desenvolvidas tipicamente para sistemas de energia que tenham potências inferiores a 500 kVA. As baterias VRLA têm as seguintes características: Caixa é selada, o eletrolítico não pode ser removido ou adicionado, contém placas de chumbo em solução de ácido sulfúrico diluído em água, o eletrólito está imobilizado, opera com elevadas correntes, aberturas de segurança permitem o escape de gás em condições de falha ou excesso de carga, o oxigénio e hidrogénio são misturados internamente para formar água, e são instaladas em divisões abertas ou em armários. Na Figura nº 6.3 podemos visualizar a constituição de uma bateria VRLA.

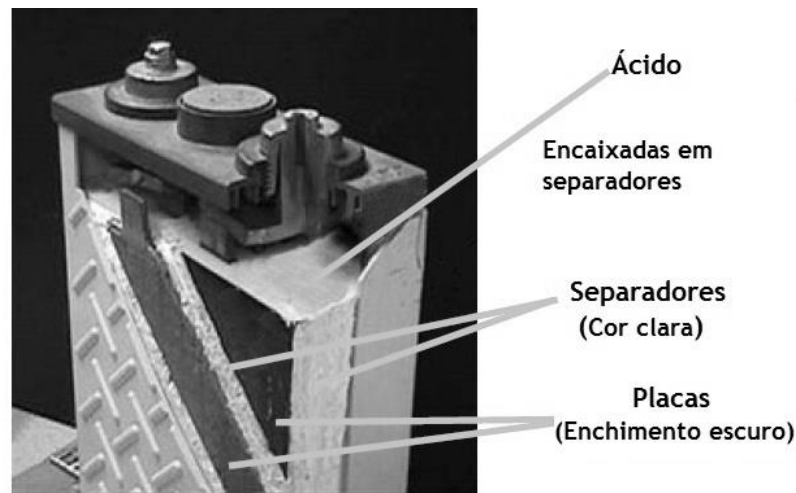


Figura nº 6.3 - Constituição de uma bateria VRLA [45].

Estas baterias são algumas vezes identificadas pela sua técnica de imobilização do eletrólito, que podem ser do tipo em gel ou do tipo AGM. Neste tipo de bateria (células em gel), o eletrólito é distribuído em torno das placas da célula e dos separadores e previne que o eletrólito flua ao adicionar um agente com espaçamento em gel. No segundo tipo de bateria (AGM (*Absorbed Glass Mat*)) existe uma fibra de vidro absorvente que é altamente porosa, que separa as placas e mantém o eletrólito em contato com elas de uma maneira que às vezes é comparado a uma esponja. As baterias VRLA são também classificadas pelo seu tipo de placas e são chamadas de “telecom” ou “longa duração” e as “UPS” ou “descarga com alto débito”. As “telecom” ou “longa duração” têm placas grossas para permitir que a bateria chegue ao fim da carga ao longo de um período de apenas algumas horas. Não descarregam abaixo de 1.75 V por célula. As “UPS” ou “descarga com alto débito” têm placas finas desenhadas para permitir que a bateria chegue ao fim da carga ao longo de um período de apenas alguns minutos. São tipicamente descarregadas em cerca de 1.67 para 170 V por célula. As baterias VRLA são também classificadas pelo tipo de caixa, monobloco, modular e “Bateria cartucho”. A caixa monobloco (Figura nº 6.4) é uma caixa de 6 V (células 3x2 V) ou 12 V (células 6x2 V). Os terminais podem estar no topo ou em baixo da caixa.



Figura nº 6.4 - Baterias VRLA em monobloco [41].

A caixa modular (Figura nº 6.5) tem quase sempre células únicas de 2 V, geralmente instaladas na horizontal para facilitar a sua ligação. As células estão geralmente empacotadas dentro “módulos” de aço que podem ser empilhados uns em cima dos outros. A ligação pode ser feita em série ou em paralelo.

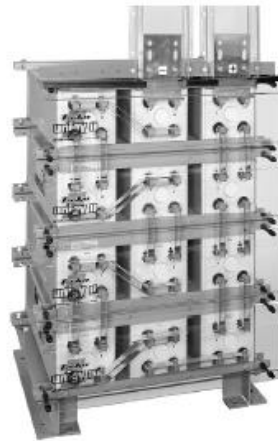


Figura nº 6.5 - Bateria VRLA em caixa modular [41].

As “Bateria cartucho” (Figura nº 6.6) são múltiplas baterias empacotadas para permitir uma rápida instalação e remoção. Podem ser instaladas em armários que têm compartimentos próprios para a colocação das baterias [41].



Figura nº 6.6 - “Bateria em cartucho” [41].

Existem várias marcas de baterias disponíveis no mercado para as UPS como podemos ver na Tabela nº 6.2.

Modelo e marca	Caraterísticas		
	Capacidade (H.A)	Tensão (V)	Corrente
Power Sonic -PS 630	3.5	6	300 (20hr.rate mA)
Power Sonic -PS-12120	312	12	600 (20hr.rate mA)
Fullriver -DC85-12	85 (20 H)	12	
Fullriver -DC260-12	260 (20H)	12	
Fullriver -DC250-6	2250 (20 H)	6	
Fullriver -DC400-6	415 (20 H)	6	
SBS-UPS12-540WFR	157	12	
SBS-UPS6-770WFR	215	6	

Tabela nº 6.2 - Caraterísticas de baterias VRLA.

6.2.3. Bateria de ácido chumbo ventilada

São comumente chamadas baterias “inundadas” ou “célula molhada” por causa de seu uso de um eletrólito líquido. O eletrólito é ácido sulfúrico diluído em água. As baterias ventiladas são normalmente instaladas em salas com prateleiras abertas que têm sistemas de ventilação própria para evitar a mistura com sistemas de ventilação para o resto do edifício. Na Figura nº 6.7 podemos ver a constituição de uma bateria de ácido chumbo ventilada [42].

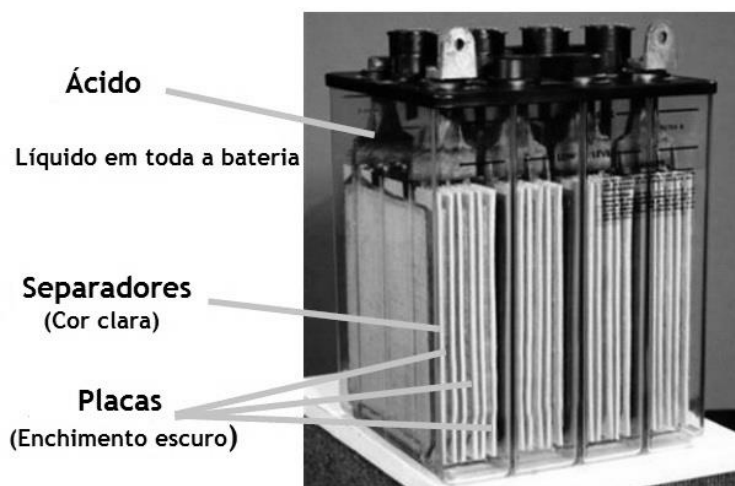


Figura nº 6.7 - Constituição de uma bateria de ácido chumbo ventilada [45].

Existem várias marcas de baterias disponíveis no mercado para as UPS como podemos ver na Tabela nº 6.3.

Modelo e marca	Caraterísticas		
	Capacidade (H.A)	Tensão (V)	Corrente máxima (A)
SBS-STT2V100	110 (8 H)	2	1310 (5s)
SBS-STT12V50	55(8 H)	12	694 (5s)
SBS-STT6V200	220(8 H)	6	2500 (5s)
Trojan-24TMX	70 (5 H)	12	
Trojan-T-145	239 10 H)	6	

Tabela nº 6.3 - Caraterísticas de baterias de ácido chumbo ventilada.

6.2.4. Bateria de níquel-cádmio

As baterias níquel-cádmio estão disponíveis em quatro formas diferentes de construções: placa de bolso ventilado (vented pocket plate), placa tubular ventilada (vented tubular plate) e placa sinterizada selada (sealed sinter plate). As baterias níquel-cádmio de bolso e tubulares são muito robustas, têm uma vida longa e operam numa ampla faixa de temperaturas com um bom desempenho e requerem pouca manutenção. Porque estas baterias podem suportar carga excessiva, descarga e requerem pouca manutenção. Podem ser encontradas em diversas aplicações incluindo nas telecomunicações, energia para aeronaves fontes de alimentação ininterrupta (UPS), iluminação de emergência. As baterias níquel cádmio têm uma vida longa medida pelo número de ciclos de carga/descarga que a bateria pode suportar e ainda fornecer uma capacidade útil. Sob condições normais uma célula típica de Ni-Cd pode entregar 2000 ciclos ou mais durante de 5 a 20 anos, dependendo da aplicação (taxa de escoamento, temperatura, vibrações) bem como o designo interno da célula [43].

6.2.5. Bateria de íões de lítio

Os componentes funcionais de uma típica célula de íão de lítio são o eletrodo negativo (ânodo), o eletrodo positivo (cátodo) e o eletrólito. Os materiais mais usados no eletrodo negativo incluem carbono duro, carbono grafítico, grafite tratada. Os materiais num típico eletrodo positivo podem incluir óxido em camada (óxido de lítio-cobalto, óxido lítio-níquel), espinela (como óxido de lítio-manganês), ou polianião (tal com lítio de fosfato de ferro). Os eletrólitos em geral possuem lítio dissolvido num solvente que compreende uma mistura de carbonatos orgânicos como o carbonato de etileno ou o carbonato de dietilo. O formato mais comum de células de íões de lítio é o cilíndrico, o prismático e o de bolsa. Uma típica célula de íões de lítio consiste num eletrodo positivo que é constituído por uma fina camada de óxido de metal em pó (exemplo LiCoO_2) revestido numa folha de alumínio e o eletrodo negativo formado a partir de uma camada fina de pó de grafite, colocada numa folha de cobre. Os dois eletrodos são separados por um filme de poliolefina porosa como separador embebido num eletrólito feito de sal LiPF_6 dissolvido numa mistura de solventes orgânicos tais como o carbonato de etileno (EC), metil-etil-carbonato (EMC), ou carbonato de dietilo (DEC). Durante o funcionamento de uma célula, todos os componentes participam na reação eletroquímica. Ambos os eletrodos positivos e negativos são constituídos por materiais a partir dos quais o lítio pode migrar. Durante a inserção (ou intercalação), o lítio move-se para o eletrodo e durante a extração (deintercalação (a remoção de uma molécula que foi inserida entre duas outras moléculas)) o lítio recua. Durante a descarga, os íões de lítio estão deintercalados do eletrodo negativo que são movidos por eletrólitos e intercalados para o eletrodo positivo. O inverso acontece durante o carregamento no qual os íões de lítio estão deintercalados do eletrodo positivo e ficam intercalados para os eletrodos negativos. A Figura nº 6.8 mostra uma representação esquemática de uma bateria de íões de lítio.

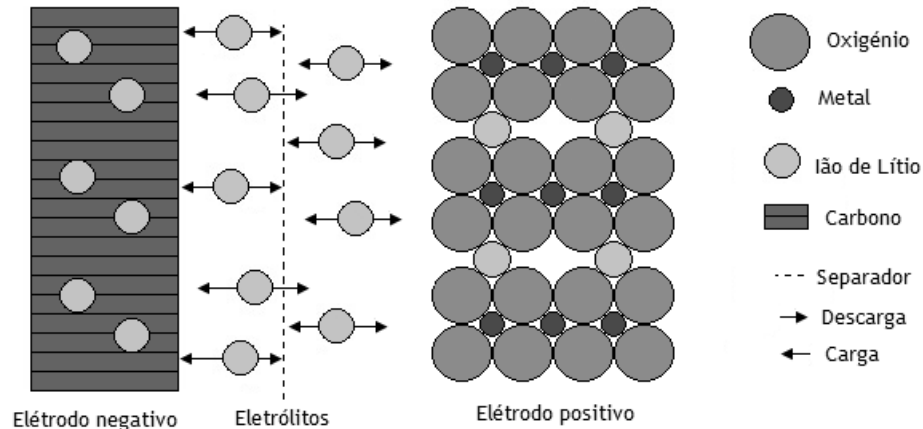


Figura nº 6.8 - Representação esquemática de uma bateria de íões de lítio.

A crescente popularidade da bateria de íões de lítio é principalmente devido aos seguintes motivos: densidade elevada de energia, elevada eficiência, longo ciclo vida e baixa taxa de auto descarga [44]. Podemos ver na Tabela nº 6.4 uma análise SWOT da bateria de íões de lítio [40].

Bateria de íões de lítio		
Interno	Pontos Fortes <ul style="list-style-type: none"> • Elevada densidade de energia. • Longa duração. • Elevado desempenho. 	Pontos Fracos <ul style="list-style-type: none"> • Sem segurança inerente • Exigido um sofisticado sistema de gestão de bateria. • Custos elevados.
	Externo	Oportunidades <ul style="list-style-type: none"> • Elevado número de itens na indústria automatizada para uma rápida redução de custos. • Não existem requisitos especiais para o local de armazenamento.	Ameaças • Limitado o recurso de lítio, apenas em alguns países.

Tabela nº 6.4 - Análise SWOT da bateria de íões de lítio.

6.3. Volantes de inércia (*Flywheel*)

Um volante de inércia é uma roda pesada que armazena energia cinética durante a rotação. Quando a energia da rede de distribuição falha, o sistema de volante de inércia opera como um gerador de CA (através do inversor CC para CA) e usa a energia cinética armazenada no volante de inércia para fornecer a tensão de saída. A roda é posta em movimento por motores eléctricos. Durante uma falha de energia, o volante de inércia fornece energia para a carga, enquanto o gerador começa a funcionar. Depois de um período muito curto de tempo (segundos), a energia cinética do volante de inércia é dissipada [45]. Geralmente, o volante de inércia poder ser classificado em volante de alta velocidade ou de baixa velocidade. O volante de inércia de alta velocidade baseia-se na levitação magnética e materiais compósitos para alcançar uma maior densidade de energia independentemente do custo. Esta solução encontra aplicação nos setores militares e espaciais. O volante de inércia de baixa velocidade utiliza rolamentos mecânicos de aço de elevada tensão para reduzir o custo, mas armazena

menos energia e tem perdas por atrito. A sua aplicação é usada em UPS para preencher a lacuna causada pela falta de energia ou queda de tensão, em cargas sensíveis tanto na indústria e como na saúde. Em termos dos seus ciclos de carga/descarga é ilimitada e tem uma baixa manutenção. Por isso, o volante de inércia é uma boa opção quando comparada com as baterias tradicionais usadas na UPS [46].

Os volantes apresentam boas características de carregar e de descarregar. Têm um tempo de vida longo, devido à não existência de objetos químicos, e pode ser utilizados em ambientes adversos [47]. Podemos verificar na Figura 6.9 o esquema de um volante de inércia.

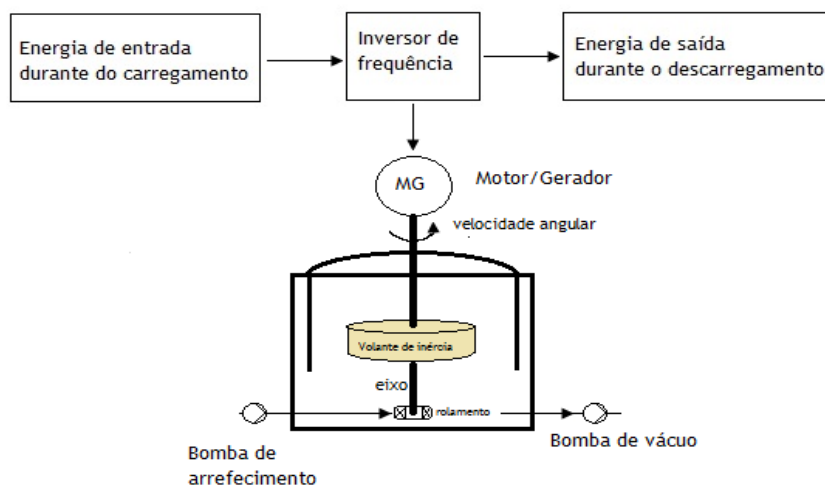


Figura nº 6.9 - Esquema de um volante de inércia.

O armazenamento de energia no volante inércia é realizado no rotor, na proporção do seu momento de inércia, e que corresponde ao quadrado da velocidade angular. A energia cinética E [J] é determinada pela equação (1)

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{4} m (r \omega)^2 \quad (1)$$

Onde, I [kg m^2] é o momento de inércia sobre o eixo de rotação, m [Kg] é a massa de rotação, r [m] é o raio de giração e ω [rad/s] é velocidade angular [48]. A Eq. (1) mostra que a maneira mais eficaz de aumentar a energia armazenada é acelerar o volante de inércia [49]. A densidade máxima de energia em relação ao volume e massa é respetivamente: $e_v = K \sigma_{\theta,u}$

$$e_m = K \frac{\sigma_{\theta,u}}{\rho} \quad (2)$$

Em que K é uma constante que depende da forma, ρ é a densidade de massa e $\sigma_{\theta,u}$ a resistência à tração máxima. A Tabela nº 6.5 compara todas estas características mencionadas para materiais metálicos e compósitos que habitualmente são utilizados em volantes de inércia.

Material	ρ [kg/m ³]	$\sigma_{\theta,u}$ [Mpa]	e_v [Mj/m ³]	e_m [kJ/kg]
Alumínio	2700	500	251	93
Aço	7800	800	399	51
Vidro E/ Epoxy	2000	1000	500	250
Grafite HM/ Epoxy	1580	750	374	237
Grafite HS/ Epoxy	1600	1500	752	470

Tabela nº 6.5 - Características de vários materiais para volante de inércia.

A fim de se obter uma elevada energia específica, os materiais de volante de inércia têm de ser leves, apresentam um valor de ρ baixo, e têm que possuir elevada resistência à tração, o que permite elevadas velocidades de rotação, tais como materiais compostos [50]. Podemos ver na Tabela nº 6.6 uma análise SWOT de volante de inércia [40].

Volante de inércia		
Interno	Pontos Fortes <ul style="list-style-type: none"> • Capacidade rápida de carregamento. • Baixa necessidade manutenção. • Tempo de vida longo. • Melhores materiais compósitos podem permitir uma maior velocidade de rotação e portanto o aumento da densidade de energia. 	Pontos Fracos <ul style="list-style-type: none"> • Baixa densidade energia. • Necessária câmara de vácuo. • Razões de segurança: estalido ocorre devido as cargas dinâmicas, falha de suportes no rolamento, choques externos. • Sistema de refrigeração para rolamentos supercondutores. • Elevado valor de auto descarga.
	Oportunidades <ul style="list-style-type: none"> • Bem estabelecida em sistemas de UPS. • Já utilizado para controlo de frequência. 	Ameaças <ul style="list-style-type: none"> • Tecnologias mais baratas disponíveis. • Não é atingido o aumento prometido de eficiência.
Externo		

Tabela nº 6.6 - Análise SWOT de volante de inércia.

6.4. Supercondensadores

Um supercondensador é um condensador eletroquímico de dupla camada que pode armazenar mil de vezes mais energia do que um condensador comum. O supercondensador tem características de uma bateria e um condensador convencional, e tem uma densidade de energia cerca de 20% mais do que uma bateria [36]. Noutras palavras, uma bateria é 80% mais pesada do que o supercondensador, a fim de armazenar a mesma quantidade de energia. Isto significa que um supercondensador pode substituir a bateria em situações em que haja necessidade de um tempo relativamente curto de funcionamento [45]. No entanto, a quantidade de energia que atualmente é possível armazenar num supercondensador é menor do que numa bateria, o que limita a sua adoção em aplicações com elevado ciclo de vida e de uma elevada densidade de energia. Os supercondensadores são constituídos principalmente em carbono ativado poroso que permite armazenar cerca de 4 a 5 Wh/Kg, enquanto as baterias de chumbo ácido têm uma energia específica aproximada de 26 Wh/Kg a 34 Wh/Kg [51]. Os supercondensadores conseguem suportar um número elevado de ciclos de

carregamentos e descarregamentos (100 mil ciclos), quando comparados com cerca de 1000 ciclos que as baterias de chumbo ácidas suportam. Inclusivamente suportam valores de intensidade de corrente mais elevados do que nas baterias. Os supercondensadores conseguem fornecer energia durante um período de tempo aproximado de 5-20 min após o corte de energia [36]. Existem três parâmetros que temos de considerar quando vamos seleccionar os supercondensadores que são: a capacidade; a tensão nominal; e a corrente máxima de carga/descarga [52].

Existem vantagens e desvantagens na utilização dos supercondensadores. As vantagens são: podem processar um grande número de ciclos de carga e descarga sem sofrer desgaste; funcionamento satisfatório numa ampla gama de temperaturas; relativamente pequenos em tamanho e peso para os tempos de descarga de curta duração (segundos) [45]; não precisam de manutenção; podem ser recicláveis e têm uma eficiência aproximada de 90% [39]. As desvantagens podem ser: o elevado custo para tempos de execução mais longos (minutos a horas); só podem armazenar pequenas quantidades de energia (tempos de execução curtos) [45]; têm um elevado valor de auto descarga; uma baixa densidade de energia; e um elevado custo de investimento [39]. Na Figura nº 6.10 podemos ver um diagrama esquemático de um supercondensador.

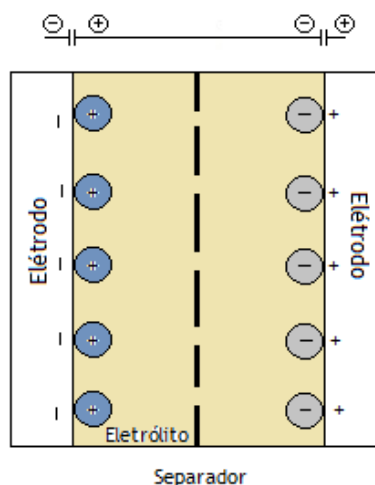


Figura nº 6.10 - Diagrama esquemático de um supercondensador.

Podemos ver na Tabela nº 6.7 uma análise SWOT de um supercondensador [40].

Supercondensador	
Interno	<p>Pontos Fortes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevada eficiência. • Elevada capacidade de energia. • Longo Ciclo de vida. <p>Pontos Fracos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Baixa densidade energia. • Elevados custos por energia instalada.
Externo	<p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicações com muita elevada potência e ciclo de carga. <p>Ameaças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicações em elevada potência podem ser feito por baterias de iões de lítio de elevada potência.

Tabela nº 6.7 - Análise SWOT de supercondensador.

Existem várias marcas de supercondensadores disponíveis no mercado para as UPS como podemos ver na Figura nº 6.8.

Modelo e marca	Caraterísticas		
	Capacidade	Tensão	Corrente
Maxwell- 56 volt UPS modules	130 F	56 V	120 mA
Maxwell- 48 volt UPS modules	165 F	48 V	5.2 mA
LS Ultracapacitor - LSUM 033R6P 0250F EA	250 F	33.6V	1.800 A

Tabela nº 6.8 - Caraterísticas de supercondensadores.

6.4.1. Taxonomia de supercondensadores

Os supercondensadores podem ser classificados em 3 tipos: condensadores de dupla camada, pseudocondensadores e condensadores híbridos (Figura nº 6.11).

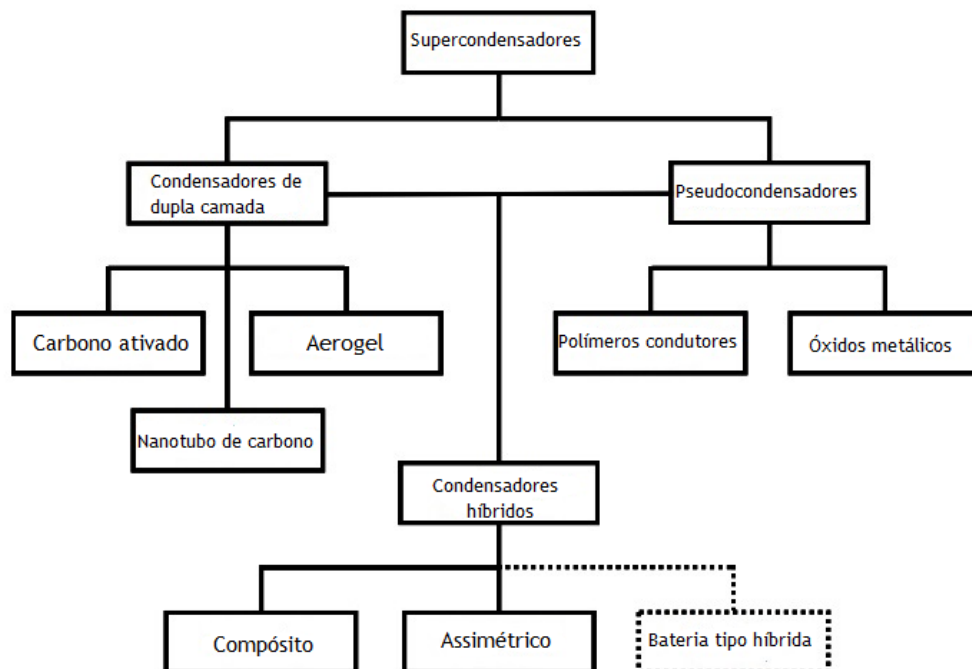


Figura nº 6.11 - Taxonomia dos supercondensadores.

Os condensadores eletroquímicos de dupla camada (EDLC-*Electrochemical Double-Layer Capacitors*) são construídos a partir de dois elétrodos carbono, de um eletrólito, e um separador (Figura nº 6.10). Como os condensadores convencionais, os EDLC armazenam carga eletrostática, e não há transferência de carga entre o elétrodo e eletrólito. O EDLC utiliza uma dupla camada eletroquímica de carga para armazenar energia. Quando a tensão é aplicada a carga acumula-se nas superfícies do elétrodo. Após a atração natural de cargas diferentes, os iões da solução eletrolítica difundem através do separador nos poros do elétrodo de carga oposta. No entanto, os elétrodos são concebidos para evitar a recombinação dos iões. Assim, uma dupla camada de carga é produzida em cada elétrodo. Estas camadas duplas, juntamente com um aumento da área de superfície e de uma diminuição da distância entre os elétrodos, permitem o EDLC alcançar uma maior densidade

energia do que condensador convencional. No condensador de dupla camada a capacitância surge da separação da carga da interface eletrodo/eletrólito [53]. Os supercondensadores de carbono ativado são compostos por dois revestimentos, em que nesses dois revestimentos é depositado uma fina camada de pó de carbono. Esta camada de carbono é então ativada, obtendo uma superfície extremamente porosa. Por conseguinte, o carbono ativado tem uma elevada área superficial específica. Existem dois tipos de eletrólitos são usados: o eletrólitos aquosos e eletrólitos orgânicos. Eletrólitos aquosos são caracterizados por uma alta condutividade iônica e conseqüentemente têm uma muito baixa resistência equivalente. O principal inconveniente destes eletrólitos é a sua tensão, que está limitado a cerca de 1,2 V. Os eletrólitos orgânicos possuem baixa condutividade iônica e por conseguinte uma resistência equivalente relativamente elevada em comparação com eletrólitos aquosos. Por outro lado, a sua capacidade de tensão é relativamente elevada, em cerca de 3 V. Os supercondensadores de carbono ativado são os mais plenamente desenvolvido industrialmente [54]. Os pseudocondensadores armazenam a carga faradicamente através da transferência de carga entre o eletrodo e eletrólito. Isto é conseguido através de três tipos processos eletroquímicos que são, adsorção superficial de íons de eletrólito, reações de oxidação-redução, e adular e não adular o material polímero ativo no eletrodo. Estes processos de faraday podem permitir que pseudocondensadores alcancem elevadas capacitâncias e elevadas densidades de energia do que o condensador de dupla camada. Existem dois materiais para eletrodos de que são usados em pseudocondensadores, os polímeros condutores e os óxidos metálicos.

Os condensadores híbridos podem ter uma elevada densidade de energia e sem que haja ciclo. Os condensadores híbridos são a combinação de processos farádicos e processos não farádicos [55].

6.5. Armazenamento de energia magnética supercondutora

O SMES (*Superconducting Magnetic Energy Storage*) é um dispositivo de corrente contínua, que armazena a energia no campo magnético. A corrente contínua flui através de um supercondutor num grande íman que cria o campo magnético. Como a energia está armazenada, esta pode ser tirada a partir de uma unidade de SMES com uma resposta quase instantânea ou pode ser fornecida ao longo de períodos que variam de uma fração de segundo a várias horas. Uma unidade de SMES consiste de um grande bobina supercondutora a uma temperatura criogénica. Esta temperatura é mantida por um criostato ou numa garrafa térmica que contém hélio ou azoto líquido. O bypass é usado para reduzir as perdas de energia quando a bobina está em standby [56].

O desenho da bobina e do sistema de conversão de energia no SMES dependem muito da sua aplicação [57]. Em geral, o sistema SMES é constituído por quatro partes, que são a bobina supercondutora com magneto (*SCM-Superconducting Coil with the Magnet*), o sistema de

condicionamento de energia (PCS-*Power Conditioning System*), o sistema criogénico (CS-*Cryogenic System*) e o controlo de unidade (CU-*Control Unit*) como podemos verificar na Figura nº 6.12 [58]. A SCM é usada para armazenar energia eléctrica. O PCS é a interface entre a energia de rede CA e a SCM. No PCS energia eléctrica de CA é convertida em energia eléctrica de CC que está armazenada em SCM. O CS é necessário para arrefecer o SCM e mantê-lo numa temperatura de funcionamento. O CU é parte essencial do SMES pois depende dele para executar as várias operações [59].

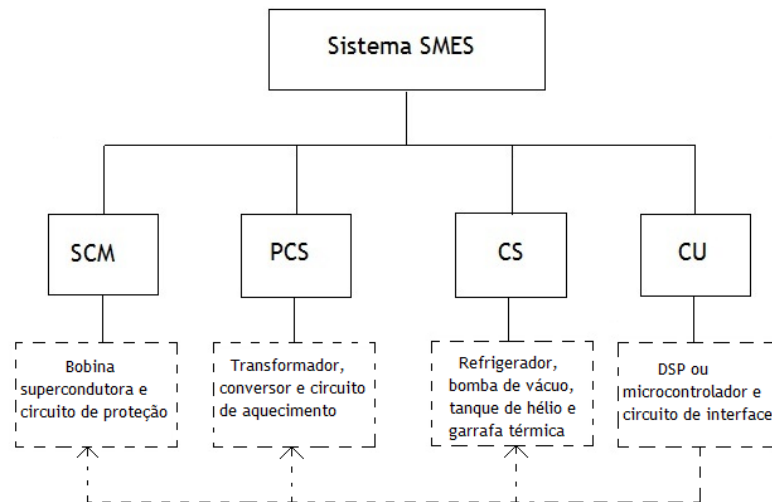


Figura nº 6.12 - Diagrama de blocos de um sistema SMES.

A SMES pode ser carregada ou descarregada rapidamente através do sistema conversor CA-CC e pode ser aplicada para uma compensação de energia ativa e reativa assim como para um sistema de estabilização de energia. O sistema SMES tem várias vantagens em relação a baterias que são: a eficiência de armazenamento de energia que é sempre superior a 90% [60]; a vida espetável de uma SMES pode ser de 30 anos; pode ser carregada completamente em alguns minutos e o ciclo de carregamento/d Descarregamento pode ser repetido mil vezes sem que haja degradação do magneto [61]. As desvantagens são o alto custo dos supercondutores usados no armazenamento de energia [62]; precisa permanentemente de arrefecimento e possíveis efeitos na saúde devido ao alto campo magnético. Podemos ver na Figura nº 6.13 diagrama esquemático de um sistema SMES.

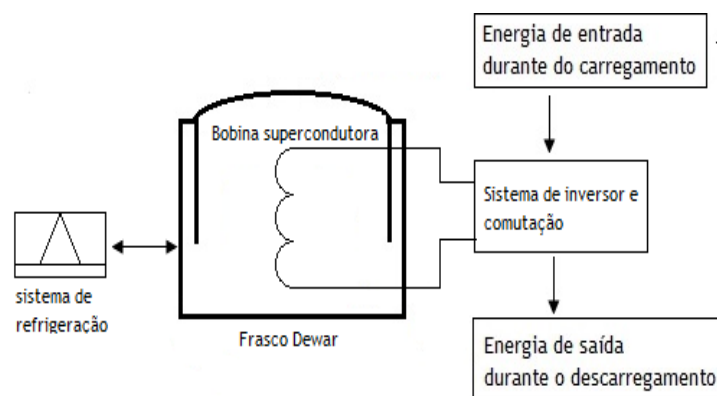


Figura nº 6.13 - Diagrama esquemático de um sistema SMES.

Podemos ver na Tabela nº 6.9 uma análise SWOT de um SMES [40].

SMES	
Interno	<p>Pontos Fortes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevada capacidade de energia. • Longo Ciclo de vida.
Externo	<p>Pontos Fracos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matérias primas caras para supercondutores. • Elevada refrigeração. <p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> • Novos materiais supercondutores. • Inovação tecnológica. <p>Ameaças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requisitos de segurança, devido a temperaturas muito baixas e elevados campos magnéticos. • Tecnologia insuficientemente validada.

Tabela nº 6.9 - Análise SWOT de um SMES.

7.1 Normas aplicadas nos Data Centers

As normas técnicas fornecem métodos a observar na concretização de boas práticas a serem implementadas em Data Centers. A sua gama de aplicação é vasta e cobre assuntos tão diversos como tópicos elétricos e mecânicos. A observância das normas garante a fiabilidade e a qualidade de uma UPS, respetiva compatibilidade com as cargas fornecidas, bem como o ambiente técnico, humano. As principais normas reguladoras para UPS são:

Segurança:

- BS EN50272-1 - Requisitos de segurança para baterias secundárias e instalações de baterias. Informação Geral.
- IEC 62040-1 - Uninterruptible power systems (UPS) - Part 1-1: General and safety requirements for UPS.
- IEC 62040-3 - Uninterruptible power systems (UPS) - Part 3: Method of specifying the performance and test requirements.
- IEC 2040-4 - Uninterruptible power systems (UPS) - Part 4: Environmental aspects - requirements and reporting.
- IEC 60950-1 - Equipamento de tecnologia de informação - Segurança - Parte - Requisitos gerais.

Distorção harmónica:

- IEC 61000-2 - Níveis de compatibilidade provocados por baixa frequência.
- IEC 61000-3-2 - Limites de emissões de correntes harmónicas (corrente de entrada do equipamento ≤ 16 A por fase).
- IEC/TS 61000-3-4 - Limites de emissões de correntes harmónicas (corrente de entrada do equipamento > 16 A por fase).
- IEC/TS 61000-3-5 - Limitação de flutuações e oscilações de tensão.
- EN 50160 - Características da tensão de redes públicas.

Compatibilidade eletromagnética (EMC):

- IEC 62040-2 - (UPS) - Parte 2: Requisitos da compatibilidade eletromagnética.

A norma BS EN50272-1 especifica os requisitos de segurança para baterias secundárias e instalações de baterias com tensões nominais acima de 500 V CC. Esta normas especificas os requisitos básicos referidos nas outras partes da norma que são as seguintes: parte 2 baterias estacionárias, parte 3 baterias de tração e parte 4 baterias para uso de aparelhos portáteis.

Os requisitos para a segurança, a fiabilidade, resistência mecânica, o ciclo de estabilidade, resistência interna e a temperatura da bateria são determinados por esta norma. Em geral, os requisitos e as definições são especificados para baterias ácido-chumbo e baterias de níquel-cádmio. A norma cobre os aspetos de segurança, tendo em conta os riscos associados com, a eletricidade (instalação, carga e descarga), o eletrólito, misturas de gases inflamáveis, armazenamento e transporte.

A norma IEC 62040-1 tem como objetivo definir e descrever em geral os requisitos de segurança para UPS. Está dividida em oito partes. A primeira parte refere-se a aplicações específicas da UPS. A segunda refere-se as referências normativas que são indispensáveis para aplicação desta norma. A terceira refere-se às definições tais como: a definição de UPS; bypass e energia primária; tensão nominal; os tipos de carga etc. A quarta parte refere-se às condições gerais para testes, ou seja, saber os parâmetros de operação e as cargas para testes. A quinta refere-se a requisitos fundamentais de projeto. A sexta trata de cablagem, ligações e fornecimento como ligação da energia e meios de ligação. A sétima parte diz respeito aos requisitos físicos, tais como a estabilidade, detalhes de construção, localização das baterias a sua acessibilidade e manutenção. A oitava parte aborda requisitos elétricos e simula condições anormais.

A norma IEC 62040-3 tem como objetivo especificar os requisitos de desempenho e de teste de uma UPS completa e não de UPS individuais com unidades funcionais. Está dividida em sete partes. A primeira parte refere-se ao objetivo da norma. A segunda refere-se às referências normativas que são indispensáveis para aplicação desta norma. A terceira refere-se às definições e termos. A quarta parte refere-se às condições gerais de ambiente de serviço, tais como altitude, humidade relativa, temperatura de serviço etc. A quinta refere-se as condições de serviço e desempenho elétrico. A sexta diz respeito a testes elétricos para UPS. A sétima parte diz respeito aos teste não elétricos. Esta norma também abrange o desempenho e teste de UPS quando comutadores elétricos fazem parte integrante de uma UPS e estão associados com a sua saída.

A norma IEC 62040-4 especifica o processo e os requisitos para declarar os aspetos ambientais relativos a UPS, com o objetivo de promover a redução de qualquer impacto ambiental adverso durante um ciclo de vida completo da UPS. Esta norma está harmonizada com as normas ambientais que contém detalhes adicionais relevantes para a UPS. Esta norma aplica-se a UPS móveis, estacionárias e fixas que fornecem uma tensão de saída CA com frequência fixa monofásica ou trifásica que não exceda 1000 V da CA.

A norma IEC 60950-1 tem como objetivo descrever requisitos gerais de segurança dos equipamentos de tecnologia de informação. Está dividida em seis partes. A primeira parte refere-se ao requisito geral dos equipamentos que são abrangidos pela norma. A segunda refere-se à proteção contra choques elétricos e riscos de energia. A terceira refere-se às

ligações e fornecimento de energia. A quarta parte refere-se a requisitos físicos, como a estabilidade, resistência mecânica, proteção contra peças móveis, etc. A quinta diz respeito a requisito elétrico e simulação de condições anormais. A sexta diz respeito a ligação às redes de telecomunicações.

A norma IEC 61000-2-2 diz respeito às perturbações conduzidas na faixa de frequência até 9 kHz, com uma extensão até 148,5 kHz especificamente para a sinalização da rede de sistemas. Esta norma fornece os níveis de compatibilidade de sistemas de distribuição da baixa tensão CA na rede pública, tendo a tensão nominal acima de 420 V em monofásico, ou 690V em trifásico e a frequência nominal de 50 Hz ou 60 Hz.

A norma IEC 61000-3-2 trata da limitação de correntes harmônicas injetadas no sistema de fornecimento da rede pública. Esta norma especifica os limites harmônicos dos componentes na corrente de entrada que pode ser produzida por equipamentos testados em condições específicas. É aplicável aos equipamentos elétricos e eletrônicos, tendo uma corrente de entrada até 16 A por fase, e destinado a ser ligado a sistemas de distribuição de rede pública de baixa tensão.

A norma IEC 61000-3-4 aplica-se a materiais elétricos e eletrônicos com corrente nominal superior a 16 A por fase, destina a ser ligado a em sistemas de distribuição de baixa tensão na pública dos seguintes tipos: tensão nominal até 240 V, monofásica, dois ou três fios, tensão nominal até 600 V, trifásica, três ou quatro fios e frequência nominal de 50 Hz ou 60 Hz.

A norma IEC 61000-3-5 aplica-se a materiais elétricos e eletrônicos com corrente nominal superior a 75 A por fase, destina a ser ligado a em sistemas de distribuição de baixa tensão na pública.

A norma EN 50160 define as características de tensão da energia fornecida pelos sistemas de distribuição de média tensão e de baixa tensão e nos terminais de alimentação dos utilizadores. Também nesta norma descreve os limites ou os valores dentro dos quais as características de tensão podem ser esperadas para permanecerem em qualquer terminal de abastecimento de energia na rede pública.

A norma IEC 62040-2 tem como objetivo descrever os requisitos da compatibilidade eletromagnética. Está dividida em sete partes. A primeira parte refere-se aplicações específicas da UPS. A segunda refere-se as referências normativas que são indispensáveis para aplicação desta norma. A terceira refere-se às definições. A quarta parte refere-se ao ambiente. A quinta refere-se as categorias de UPS. A sexta trata emissão. A sétima parte diz respeito à imunidade, isto é requisitos de imunidade em frequências até 1 GHz.

Folha em branco

8.1. Eficiência energética em Data Centers

Cerca de metade da energia utilizada em Data Centers vão para as tecnologias de informação (TI). A outra metade vai para a infraestrutura físicas (DCPI-*Data Center Physical Infrastructure*), incluindo os equipamentos de energia, de refrigeração e de iluminação. A Figura nº 8.1 baseia-se num Data Center com alimentação 2N e com equipamento de arrefecimento N+1, que opera a cerca de 30% da capacidade nominal.

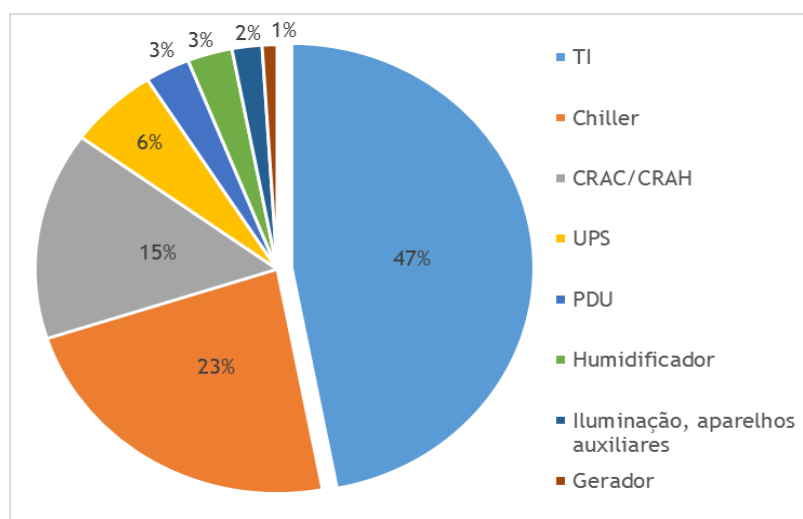


Figura nº 8.1 - Consumo de energia de um Data Center.

No Data Center da Figura nº 8.1 tem uma eficiência de 47%, com base na fração da energia de entrada que realmente é fornecida à carga TI [63].

Nos Data Centers a eficiência é medida como a razão entre a potência total do Data Center e a potência dos equipamentos de TI. Esta eficiência é chamada PUE (*Power Usage Effectiveness*) como podemos ver pela expressão (5). Uma PUE de 1 é equivalente a uma eficiência de 100% num Data Center. Quanto maior for o valor de PUE, menor a eficiência global do Data Center. Um PUE de 2.0, por exemplo, significa que o Data Center usa o dobro da potência necessária para operar o equipamento de TI.

$$\text{Data center efficiency (PUE)} = \frac{\text{Total facility power}}{\text{IT equipment power}} \quad (5)$$

Equação geral da eficiência de um Data Center

Se o Data Center tiver 100% de eficiência (PUE de 1), toda a energia fornecida alcançará as cargas de TI. Na realidade, existe enumeras maneiras da energia elétrica ser utilizada, através de outros dispositivos do que cargas de TI, por causa das exigências práticas de

manter os equipamentos de TI devidamente alojados, alimentados, arrefecidos e protegidos de modo que eles possam fornecer sua capacidade útil. Alguns desses dispositivos, como as UPS e transformadores, estão em série com as cargas de TI (porque fornecem o caminho de energia que os alimenta), enquanto outros, como iluminação e ventiladores, estão em paralelo com as cargas de TI, porque eles executam outras funções de suporte no Data Center. A Figura nº 8.2 ilustra esses componentes internos do consumo de energia num Data Center eficiente.

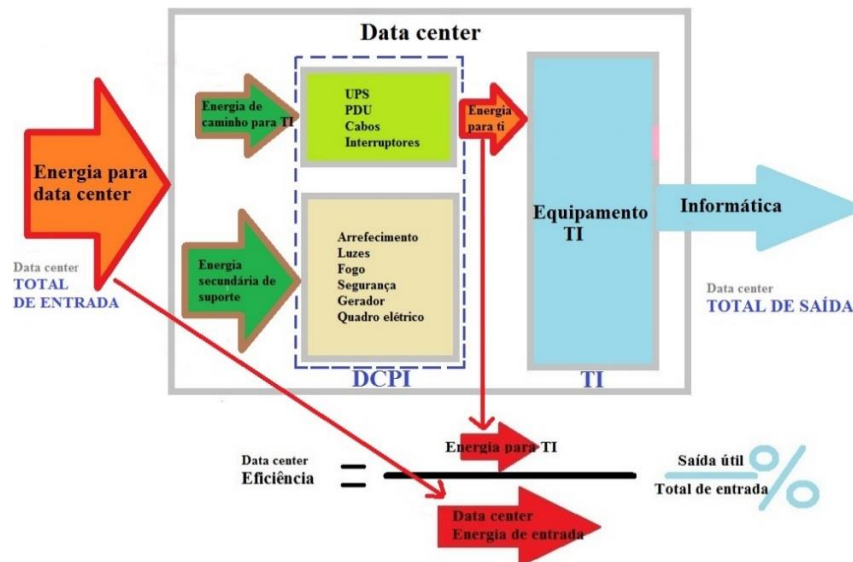


Figura nº 8.2 - Consumo de energia na eficiência de um Data Center.

Eficiência do Data Center pode ser aumentada de três maneiras, melhorar o design interno de dispositivos DCPI, para que eles consumem menos energia na realização do seu trabalho. Combinar aproximadamente o dimensionamento dos componentes DCPI com a carga real de TI de modo que os componentes operem com uma maior eficiência, e desenvolver novas tecnologias que reduzam a necessidade de energia elétrica para fornecer funções de suporte DCPI [64]. Na Figura nº 8.3 podemos verificar como aumentar a eficiência de um Data Center.

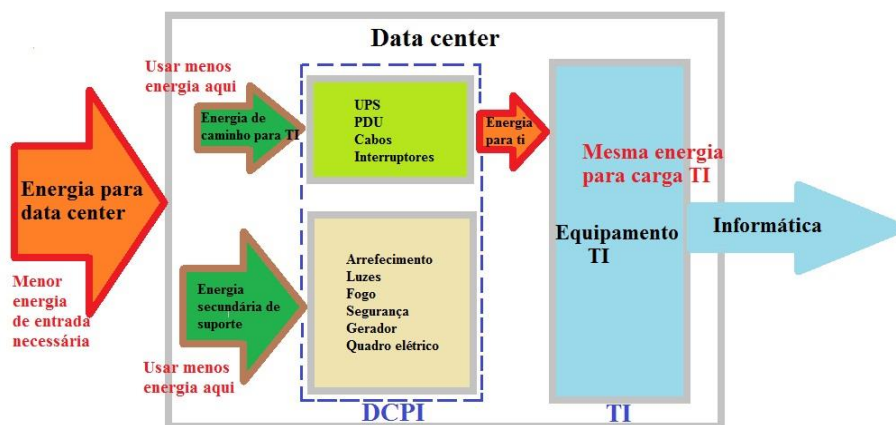


Figura nº 8.3 - Como aumentar eficiência de um Data Center.

Na Figura nº 8.4 podemos verificar a divisão da energia num Data Center. Em D1 representa a energia final que entra no Data Center. Em D2 são as perdas na conversão e no transporte de energia depois de desta passar a UPS. A energia remanescente pode ser dividida em D3 que é a energia elétrica, D4 é a energia que provém da energia fotovoltaica e D5 é a energia que pode ser aproveitada dos sistemas de calor, ventilação e do ar condicionado. Toda esta energia passa pela unidade de distribuição da energia (PDU). Em D6 voltam a existir perdas na conversão e no transporte de energia. A restante energia útil que passa é D7. Esta energia é dividida em duas partes que são a energia usada em equipamentos TI (D8) e energia consumida para equipamentos que não sejam TI (D9) e D10 é energia que pode ser reutilizada [65].

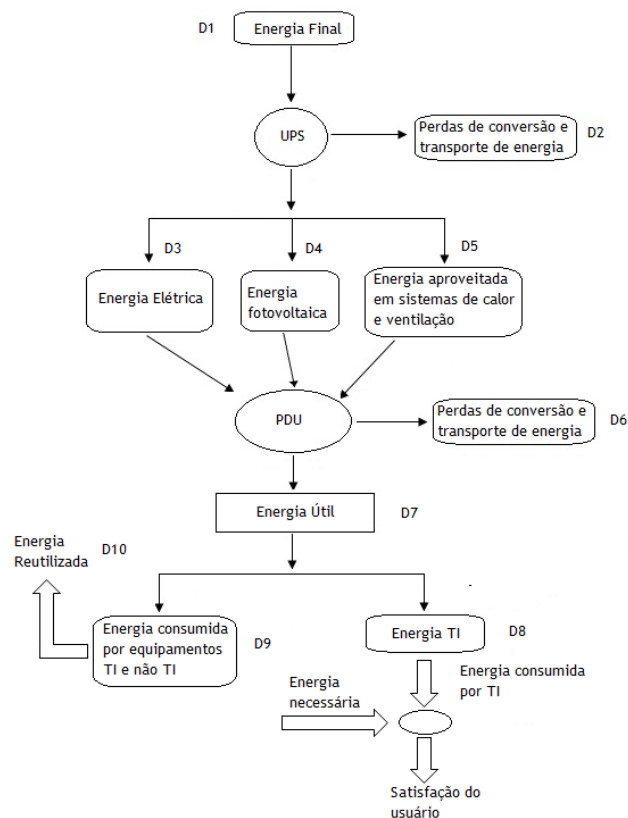


Figura nº 8.4 - Divisão da energia num Data Center.

Folha em branco

9.1 Conclusão

Podemos concluir que a UPS é essencial para o bom funcionamento dos equipamentos associados às tecnologias de informação porque os torna imunes às perturbações elétricas e fornece uma potência contínua de elevada qualidade e elevada disponibilidade com interfaces incorporadas que são compatíveis em ambientes informáticos e eletrónicos. A UPS é utilizada numa vasta gama de aplicações que necessitam de corrente elétrica e tem de estar disponível em permanente.

As UPS estáticas de dupla conversão são as mais utilizadas e, em particular, para aplicações de elevada potência, tais como os Data Centers. Nos Data Centers a disponibilidade é elevada, logo exige a utilização de configurações que oferecem redundância a vários níveis (redundância da fonte e redundância da UPS).

A UPS sem transformador está a tornar-se a solução mais adequada para aplicações de elevada potência. As normas abrangem aspetos da conceção da UPS, da segurança das pessoas, os níveis de desempenho e o ambiente elétrico (as perturbações harmónicas e a compatibilidade eletromagnética).

Cumprindo as normas é garantida a fiabilidade e a qualidade de uma UPS. Os sistemas de armazenamento de energia utilizados pelas UPS permitem salvaguardarem a fonte principal. Nesses sistemas de armazenamento de energia, os mais utilizados em UPS são as baterias ácido chumbo. Estas deviam ser substituídas por baterias de iões de lítio, pois podemos reduzir o espaço ocupado na sua instalação, são de fácil manutenção e são menos prejudiciais ao ambiente.

Folha em branco

Bibliografia

- [1] EDP, “Manual da qualidade energia eléctrica,” *Man. da Qual. da Energ. eléctrica*, 2005.
- [2] C. Couto, “Qualidade de energia eléctrica,” *3º Congr. Luso-Moçambicano Eng.*, pp. 219-231, 2003.
- [3] J. Seymour, “The Seven Types of Power Problems,” *Schneider Electr. - Data Cent. Sci. Cent.*, pp. 1-21.
- [4] M. H. J. Bollen, E. Styvaktakis, I. Y. Gu, and S. Member, “Categorization and Analysis of Power System Transients,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 20, no. 3, pp. 2298-2306, 2005.
- [5] K. V. R. Gadiraju and M. R. Vallem, “Methods for reducing momentary interruptions in distribution systems,” *2012 IEEE Power Energy Soc. Gen. Meet.*, pp. 1-6, Jul. 2012.
- [6] A. A. Koolaiyan, A. Sheikholeslami, and R. A. Kordkheili, “A Voltage Sag Compensation Utilizing Autotransformer Switched by Hysteresis Voltage Control,” *5 th Int. Conf. Electr. Comput. Eng.*, 2008.
- [7] N. Ding, W. Cai, J. Suo, J. Wang, and Y. Xu, “Voltage Sag Disturbance Detection Based on RMS Voltage Method,” *Asia-Pacific Power Energy Eng. Conf.*, pp. 1-4, Mar. 2009.
- [8] F. T. Ghetti, “Análise de variações topológicas aplicadas a uma UPS tipo delta monofásica,” *Diss. para obtenção do Grau Mestre em Eng. Elétrica- Univ. Fed. Juiz Fora*, 2009.
- [9] H. Mehranfar, A. Baghrmian, and F. Rafieinia, “Mitigation of Voltage Swell by Switched Autotransformer with Random Hysteresis Voltage Control,” *Asia-Pacific Power Energy Eng. Conf.*, pp. 1-4, Mar. 2011.
- [10] S. Vlahini, “Indices for Harmonic Distortion Monitoring of Power Distribution Systems,” *IEEE Trans. instrumentation Meas.*, vol. 58, no. 5, pp. 1771-1777, 2009.
- [11] S. A. Bhojar, Raju R Bharatkar, S.S. , Khadtare, “Measurement of Harmonics at HT End Users in Power Distribution System,” *First Int. Conf. Autom. Control. Energy Syst.*, pp. 1-4, 2014.
- [12] K. R. Valluvan, A. Vetrivel, A. M. Natarajan, and J. Jerome, “Minimisation of Harmonics Amplification Due to Resonance by Relocation of Capacitors Using ADALINE on a DSP If $v < \]$,” *Int. Conf. Comput. Commun. Netw.*, no. Icccn, 2008.
- [13] J. Yong, T. Tayjasant, W. Xu, and C. Sun, “Characterizing Voltage Fluctuations Caused by a Pair of Interharmonics,” *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 23, no. 1, pp. 319-327, 2008.
- [14] P. E. de A. Xavier, “Analisador da Qualidade de Energia Baseado em DSP,” *Diss. para obtenção do Grau Mestre em Eng. Eletrónica - Inst. Super. Técnico*, 2011.
- [15] V. J. Gosbell, “Voltage fluctuations in the electric supply systems,” *Tech. note nº7 - Univ. Wollongong, Aust.*, no. 7, 2003.
- [16] A. K. Jindal, S. Member, A. Ghosh, S. Member, and A. Joshi, “Voltage regulation using dynamic Voltage restorer for larger frequency variations,” *Power Eng. Soc. Gen. Meet.*, 2005.

- [17] CEMEP, “Uninterruptible Power Supplies - European Guide,” 2008.
- [18] C. Cottuli, “Comparison of Static and Rotary UPS white paper 92 rev.2,” *Schneider Electr. - Data Cent. Sci. Cent.*, 2011.
- [19] C. Yeh, S. Member, and M. D. Manjrekar, “A Reconfigurable Uninterruptible Power Supply System for Multiple Power Quality Applications,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 22, no. 4, pp. 1361-1372, 2007.
- [20] J. M. Guerrero, L. G. de Vicuña, and J. Uceda, “Uninterruptible Power Supply Systems Provide Protection,” *IEEE Ind. Electronics Mag.*, pp. 28-38, 2007.
- [21] F. T. Ghetti, P. G. Barbosa, and H. a. C. Braga, “A study on single-phase delta UPS topological alternatives,” *2009 Brazilian Power Electron. Conf.*, vol. 1, pp. 1011-1018, Sep. 2009.
- [22] EATON, “Power Distribution Systems-UPS,” *Power Distrib. - UPS*, no. August, pp. 1-120, 2013.
- [23] X. Hu and Y. Liu, “Principle and running maintenance on UPS power supply,” *2011 Int. Conf. Electron. Mech. Eng. Inf. Technol.*, pp. 4721-4723, Aug. 2011.
- [24] F. Al Dubaikel and S. Aramco, “Comparison between transformer-based Vs. transformer-less UPS systems,” *2011 IEEE Symp. Ind. Electron. Appl.*, pp. 167-172, Sep. 2011.
- [25] N. Rasmussen, “The Different Types of UPS Systems,” *Schneider Electr. - Data Cent. Sci. Cent.*, pp. 1-10, 2011.
- [26] B. Ashrafi, “Novel Reduced Parts On-Line Uninterruptible Power Supply,” *IEE Int. Pwer Eng. Optim. Conf. Malaysia*, no. June, pp. 6-7, 2012.
- [27] L. Giuntini, “Power quality, load and efficiency in UPS installations,” *11th Int. Conf. Electr. Power Qual. Util.*, pp. 1-6, Oct. 2011.
- [28] K. Mccarthy, “Comparing UPS System Design Configurations,” *Schneider Electr. - Data Cent. Sci. Cent. white Pap. 75 rev3*, 2011.
- [29] M. K. Rahmat, S. Jovanovic, and K. L. Lo, “Uninterruptible Power Supply (UPS) system configurations: Reliability comparison,” *2010 IEEE Int. Conf. Power Energy*, pp. 835-840, Nov. 2010.
- [30] J. M. Guerrero, S. Member, L. Hang, and J. Uceda, “Control of Distributed Uninterruptible Power Supply Systems,” vol. 55, no. 8, pp. 2845-2859, 2008.
- [31] X. Liu, “Grounding system of an uninterruptible power system (UPS),” *INTELEC 2008 - 2008 IEEE 30th Int. Telecommun. Energy Conf.*, pp. 1-7, Sep. 2008.
- [32] S. Electric, “Earthing Principles MGE Galaxy 3500 and 300 and Smart-ups VT,” 2012.
- [33] M. da E. e da Inovação, “Portaria nº949-A/2006 - Regras Técnicas das Instalações de Baixa Tensão,” *Diário da República, 1ª série, nº 175*, no. 2, pp. 2-191, 2006.
- [34] N. Rasmussen, “The role of isolation transformers in Data Center,” *Schneider Electr. - Data Cent. Sci. Cent.*, vol. White Pape, 2011.

- [35] B. Üstüntepe and A. M. Hava, "Modern Transformerless Uninterruptable Power Supply (UPS) Systems," pp. 316-320.
- [36] A. Lahyani, P. Venet, A. Guermazi, and A. Troudi, "Battery/Supercapacitors Combination in UPS," *IEEE Trans. POWER Electron.*, vol. 28, no. 4, pp. 1509-1522, 2013.
- [37] N. Meena, V. Baharawani, and A. Dubey, "Need and Comparison of Energy Storage Technologies - A Review," vol. 9, no. 2, pp. 177-184, 2014.
- [38] P. Moura, B. Harrison, and C. Jehle, "Uninterruptible Power Supplies, Task 6 - Technical Analysis of Best Available Technologies," *Ricardo-AEA*, no. 1, 2013.
- [39] IEC-International Electrotechnical Commission, "Electrical Energy Storage, White paper," 2011.
- [40] G. Fuchs, B. Lunz, M. Leuthold, and D. U. Sauer, "Technology Overview on Electricity Storage," *Inst. Power Electron. Electr. Drives (ISEA), RWTH Aachen Univ.*, 2012.
- [41] S. Mccluer, "Battery Technology for Data Centers and Network Rooms : VRLA Reliability and Safety," *white Pap. n°39 Revis. 2*, 2012.
- [42] S. Mccluer, "Battery Technology for Data Centers and Network Rooms : Ventilation of Lead-Acid Batteries."
- [43] Springer, "Batteries for Sustainability - Selected Entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology," Springer New York, New York, NY, 2013.
- [44] Y. Kim, Y. Wang, N. Chang, and M. Pedram, "Computer-Aided Design and Optimization of Hybrid Energy Storage Systems," *Found. Trends® Electron. Des. Autom.*, vol. 7, no. 4, pp. 247-338, 2013.
- [45] S. Mccluer and J. Christin, "Comparing Data Center Batteries , Flywheels , and Ultracapacitors - White Paper 65 Rev 2," *Schneider Electr. - Data Cent. Sci. Cent.*, 2011.
- [46] L. Zhou and Z. Qi, "Modeling and Control of a Flywheel Energy Storage system for Uninterruptible Power Supply," pp. 1-6.
- [47] J. Itoh and H. Igarashi, "Direct grid connection of matrix converter with transition control for flywheel UPS," *2012 Int. Conf. Renew. Energy Res. Appl.*, pp. 1-6, Nov. 2012.
- [48] M. Subkhan and M. Komori, "New Concept for Flywheel Energy Storage System Using SMB and PMB," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 21, no. 3, pp. 1485-1488, Jun. 2011.
- [49] B. Bolund, H. Bernhoff, and M. Leijon, "Flywheel energy and power storage systems," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 11, no. 2, pp. 235-258, Feb. 2007.
- [50] S. Member, R. Sebastián, J. Quesada, and A. Colmenar, "Review of Flywheel based Energy Storage Systems," *Proc. 2011 Int. Conf. Power Eng. Energy Electr. Drives*, no. May, 2011.
- [51] Y. Zhu, S. Murali, M. D. Stoller, K. J. Ganesh, W. Cai, P. J. Ferreira, A. Pirkle, R. M. Wallace, K. a Cychosz, M. Thommes, D. Su, E. a Stach, and R. S. Ruoff, "Carbon-based supercapacitors produced by activation of graphene.," *Science*, vol. 332, no. 6037, pp. 1537-41, Jun. 2011.

- [52] P. J. Binduhewa, "Uninterruptible power supply for short-time power back-up using ultracapacitors," *6th Int. Conf. Ind. Inf. Syst.*, pp. 551-556, Aug. 2011.
- [53] J. C. Ellenbogen, "Supercapacitors : A Brief Overview," no. March, 2006.
- [54] M.-C. Péra, D. Hissel, H. Gualous, and C. Turpin, *Electrochemical Components*. 2013.
- [55] A. Stepanov and I. Galkin, "Development of supercapacitor based uninterruptible power supply," *Dr. Sch. energy goetechnology*, 2007.
- [56] M. H. Ali, S. Member, B. Wu, and R. A. Dougal, "An Overview of SMES Applications in Power and Energy Systems," pp. 1-11, 2010.
- [57] P. Karasik, V. Dixon, K. Weber, C. Batchelder, B. Campbell, G Ribeiro, "SMES for power quality applications: A review of technical and cost considerations," *IEEE Transactions on applied superconductivity*, Vol9, n°2, 1999.
- [58] D. Sutanto and K. W. E. Cheng, "Superconducting Magnetic Energy Storage Systems for Power System Applications," *IEEE Int. Conf. Appl. Supercond. Electromagn. Devices*, pp. 377-380, 2009.
- [59] X. D. Xue, K. W. E. Cheng, D. Sutanto, and S. Member, "Power System Applications of Superconducting Magnetic Energy Storage Systems," pp. 1524-1529, 2005.
- [60] R. Khanna, G. Singh, T. K. Nagsarkar, and S. Member, "Power System Stability Enhancement with SMES," 2012.
- [61] J. D. Irwin, *The Power Electronics Handbook*. 2002.
- [62] R. Symbolotti, Giorgio Kempener, "Electricity Storage-Technology brief IEA_ETSAP and IRENA," 2012.
- [63] B. N. Rasmussen, "Implementing Energy Efficient Data Centers," 2011.
- [64] N. Rasmussen, "Electrical Efficiency Modeling for Data Centers," 2011.
- [65] I. Dumitru, G. Stamatescu, and S. S. Iliescu, "Dynamic Management Techniques For Increasing Energy Efficiency within a Data Center," *Dr. Unite Symp.*, 2013.