

Capítulo 1

Introdução

A investigação das energias alternativas e renováveis tem tido uma cada vez maior atenção por parte dos responsáveis governamentais e dos investigadores.

Uma das energias alternativas que tem especial interesse para Portugal devido à sua longa costa marítima é a energia das ondas marítimas. De facto, a existência de grandes quantidades de energia na ondulação marítima é bem denunciada devido às frequentes destruições infligidas na nossa costa pelo mar.

No momento, decorre a instalação de uma central piloto europeia de aproveitamento da energia das ondas, em Porto Cachorro na ilha do Pico nos Açores.

A central está equipada com um grupo gerador de 500KW e prevê-se uma produção anual de energia eléctrica da ordem de 1GWh. A energia eléctrica gerada é enviada à rede pública de distribuição.

Tal como na maior parte dos recursos energéticos alternativos, a energia das ondas é caracterizada pela incerteza de disponibilidade de energia. Naturalmente, esta incerteza prende-se com o estado da ondulação marítima. Quanto maior for a ondulação, maior é a energia disponível.

Para otimizar o rendimento do recurso energético e da turbina, o gerador eléctrico¹ deve funcionar a velocidades dependentes da potência gerada: Quanto maior for a potência, maior deve ser a velocidade de rotação do conjunto turbina-gerador.

Além da incerteza a longo prazo da energia disponível, a energia entregue pela turbina ao gerador é caracterizada por grandes oscilações. As oscilações devem-se ao funcionamento do sistema de recuperação de energia, e obviamente, têm uma frequência igual à das ondas.

Naturalmente, estas oscilações de energia produzida não devem ser entregues à rede eléctrica, sob pena de a rede se tornar instável quer em frequência quer em tensão. Desta forma é necessário filtrar as oscilações, fornecendo à rede apenas uma energia constante, e igual ao valor médio da energia produzida.

¹ O gerador deve estar acoplado directamente à turbina para evitar as engrenagens que afectam o rendimento e apresentam vida limitada.

A filtragem é realizada através da inércia do conjunto Turbina - Gerador. A quantidade de energia armazenada mecanicamente no volante de inércia, compensa a diferença entre a energia produzida e a energia entregue à rede através da variação da velocidade.

Sempre que a energia produzida, é maior que a energia entregue à rede, a diferença é acumulada no volante de inércia através do aumento de velocidade do sistema. Se a energia produzida for menor, a inércia fornece a restante energia à rede através da diminuição da velocidade. Desta forma a velocidade da máquina oscila em torno de um valor médio correspondente à potência média disponibilizada pelo sistema.

A necessidade de um gerador que funcione a velocidade variável e que forneça energia com características que lhe permitam ser enviada à rede, torna a utilização dos tradicionais geradores síncronos extremamente difícil.

De facto, a melhor opção para estes casos, é a utilização de uma máquina assíncrona de rotor bobinado, em conjunto com conversores electrónicos de potência, que retiram energia do rotor da máquina e a entregam à rede eléctrica.

Este sistema (máquina assíncrona mais conversores) é descrito como Sistema de Recuperação da Energia de Deslizamento (SRED) acrónimo de *slip energy recovery system (SERS)*.

O SRED tem sido utilizado principalmente como motor em aplicações de velocidade variável para potências elevadas (>20MW) como em bombas centrífugas, ventiladores, moinhos industriais, etc. Nestas aplicações os conversores consistem num rectificador a díodos e num ondulator não autónomo a tirístores.

O seu funcionamento como gerador adquiriu um grande interesse com o surgimento de dispositivos electrónicos com possibilidade de abertura e fecho comandados, e com a necessidade de obter geradores que funcionem a velocidade variável.

De facto, o uso de dispositivos electrónicos totalmente comandados veio reduzir o problema da injeção de harmónicos e do consumo de energia reactiva por parte dos conversores.

A grande vantagem deste tipo de geradores é poder gerar o dobro da energia, para a qual, quer a máquina assíncrona, quer os conversores são dimensionados. Isto deve-se ao facto de que metade da energia produzida é enviada à rede pelo estátor, e a outra metade é enviada pelo rotor através dos conversores.

Os conversores usados neste trabalho consistem em rectificadores a díodos que rectificam a tensão gerada pelo rotor, e por um inversor de corrente a IGBTs (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) que está ligado aos rectificadores através de uma bobina e ligado à rede através de um filtro de corrente.

O uso de IGBTs no inversor permite o uso da técnica de Modulação¹ de Largura de Impulsos - PWM (*Pulse Width Modulation*) para o seu comando, e permite controlar em certa medida a produção ou consumo de energia reactiva por parte do inversor. O uso de PWM eleva o conteúdo harmónico de corrente para a gama de altas frequências otimizando o filtro de corrente.

¹ Na realidade, qualquer dispositivo comandado na abertura e no fecho o permite, mas na actualidade, o IGBT é o semiconductor que permite uma frequência de comutação mais elevada para grandes potências.

Para reduzir o conteúdo harmónico das correntes injectadas na rede pelo estátor, utiliza-se uma máquina com dois enrolamentos rotóricos. Um dos enrolamentos está montado em estrela e o outro em triângulo, fornecendo a mesma tensão equivalente composta. Cada enrolamento alimenta um rectificador trifásico a díodos.

Para reduzir o numero de anéis requeridos para efectuar as ligações dos enrolamentos rotóricos aos rectificadores, estes são montados no próprio rotor da máquina.

Para controlar o gerador e os conversores é usado um sistema de comando baseado num microcontrolador com elevada capacidade de processamento e armazenamento de dados.

O Sistema de comando interactua com um operador local, com um PC local para manutenção e com o autómato responsável pela gestão da central.

1 Objectivos

Este trabalho tem como objectivo o estudo e desenvolvimento do Sistema de Recuperação de Energia de Deslizamento (SRED) a usar na central de aproveitamento da energia das ondas, em Porto Cachorro na ilha do Pico nos Açores.

As tarefas que devem ser realizadas são enunciadas:

- projecto e desenvolvimento dos conversores electrónicos;
- desenvolvimento do sistema de controlo do gerador, quer a nível de hardware quer de software que deve incluir:
 - controlo dos conversores electrónicos;
 - interface com um eventual operador local e com o autómato que gere o funcionamento da central;
 - determinação da potência eléctrica que deve ser gerada e entregue à rede;

2 Estrutura da dissertação

No segundo capítulo faz-se uma breve descrição do sistema de recuperação da energia das ondas e da central construída. Os métodos de reduzir a incerteza da disponibilidade de energia nos recursos alternativos são aqui focados. Os requisitos que se impõem ao gerador eléctrico são também apresentados. Por fim é feita uma introdução e descrição do Sistema de Recuperação da energia de deslizamento.

No terceiro capítulo é descrito o sistema de rectificação usado no rotor. É explicada a forma de reduzir o conteúdo harmónico do estátor através de dois enrolamentos rotóricos e de dois rectificadores. A topologia dos rectificadores em paralelo é justificada e a bobina interfases do paralelo é dimensionada. A bobina de alisamento da corrente do barramento DC também é dimensionada.

O método de conversão da corrente contínua em corrente alternada é tratada no quarto capítulo. A montagem dos vários componentes é descrita, e o método de controlo do inversor e as suas características são analisados. Faz-se ainda uma referência ao trânsito das energias activa e reactiva fornecidas pelo inversor à rede.

A modelação do SRED é feita no quinto capítulo. Aqui é desenvolvido um modelo válido em regime permanente da máquina assíncrona ligada aos conversores. As suas características em malha aberta e com controlo de corrente são expostas. É ainda tratada a questão do arranque da máquina e das zonas de funcionamento como gerador.

No sexto capítulo é tratado o sistema de comando do SRED. A especificação dos seus requisitos é apresentada sendo a plataforma de hardware analisada em conformidade. Os requisitos da aplicação de controlo são especificados.

No sétimo capítulo são apresentados os controladores que permitem o funcionamento do SRED de forma regulada. É apresentada uma solução para definir a potência que deve ser gerada e entregue à rede.

O oitavo capítulo apresenta as conclusões obtidas no trabalho, referindo as tarefas a realizar para finalizar o desenvolvimento do SRED descrito.

Para auxiliar a compreensão do trabalho são apresentados três anexos:

- No anexo A é proposto um método de adaptar os parâmetros de um controlador PID analógico a um controlador PID digital desde que o período de discretização-amostragem-actuação seja suficientemente fino;
- No anexo B é exposta a técnica que deve ser utilizada para multiplicar números inteiros por constantes fraccionárias sem o recurso a conversões para vírgula flutuante que são morosas de executar;
- Finalmente no Anexo C é exposto o código desenvolvido considerado mais relevante.