

1 Introdução

Os controladores são responsáveis por manter o SRED no ponto de funcionamento requerido. Recebem um determinado valor de referência e actuam de forma a manter a grandeza controlada nesse valor.

As únicas variáveis de actuação do SRED são as que comandam o inversor de corrente: índice de modulação e esfasamento. Estas variáveis controlam a tensão gerada pelo inversor à sua entrada.

Como não se realiza a compensação do factor de potência, apenas se actua no índice de modulação, mantendo as correntes injectadas na rede pelo inversor em fase com a tensão.

Se o inversor for comandado com um índice de modulação fixo, a tensão no barramento DC fica definida e imposta. Obtêm-se as características descritas na Secção 6 do Capítulo 5.

O controlador de corrente mantém a corrente no barramento DC num valor de referência I_{DCref} impondo ao SRED as características descritas na Secção 7 do capítulo 5.

O controlador de potência impõe a potência (P_{REF}) que a máquina assíncrona gera. Este controlador não usa o controlador de corrente, mas actua directamente sobre o índice de modulação. Desta forma, o controlador de corrente apenas é utilizado em testes.

A obtenção da potência que deve ser gerada é feita através de duas maneiras:

- ordem expressa do autómato;
- controlador interno.

O controlador interno que calcula a potência disponível no recurso e que deve ser entregue à rede, ainda não está bem definido.

O valor da potência que deve ser entregue à rede é a entrada do controlador de potência (P_{REF}).

2 Controlo da corrente no barramento DC

O barramento DC pode ser modelizado pelo esquema da Figura 7.1. V_{dc} é a tensão gerada pelos rectificadores e $V_{dc_{inv}}$ é a tensão gerada do lado contínuo pelo inversor de corrente:

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot V_c \cdot |s| = 515 \cdot |s| \quad (7.1)$$

$$V_{dc_{inv}} = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot V_c \cdot im = 465 \cdot im \quad (7.2)$$

onde V_c é a tensão composta da rede (380V), s é o deslizamento da máquina assíncrona e im é o índice de modulação do inversor de corrente.

O valor de im é discretizado em 1000 níveis: 0, 0.001, 0.002, ..., 0.999, 1.

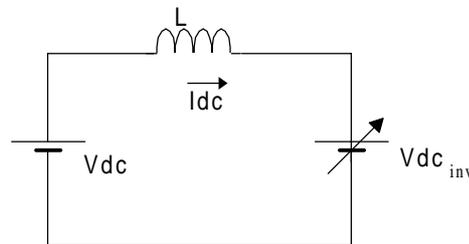


Figura 7.1 - Esquema equivalente do barramento DC.

A corrente I_{dc} é controlada através do índice de modulação (im) do inversor que define a tensão $V_{dc_{inv}}$ no barramento:

$$I_{dc}(t) = \frac{1}{L} \int_0^t V_{dc}(t) - V_{dc_{inv}}(t) dt \quad (7.3)$$

A tensão V_{dc} e a corrente I_{dc} são amostrados / calculados a cada 20ms.

A rotina de controlo da corrente é chamada a cada 20ms, utiliza a corrente de referencia $I_{dc_{ref}}$ e a medidas V_{dc} e I_{dc} adquiridas 20ms antes e actua sobre o im .

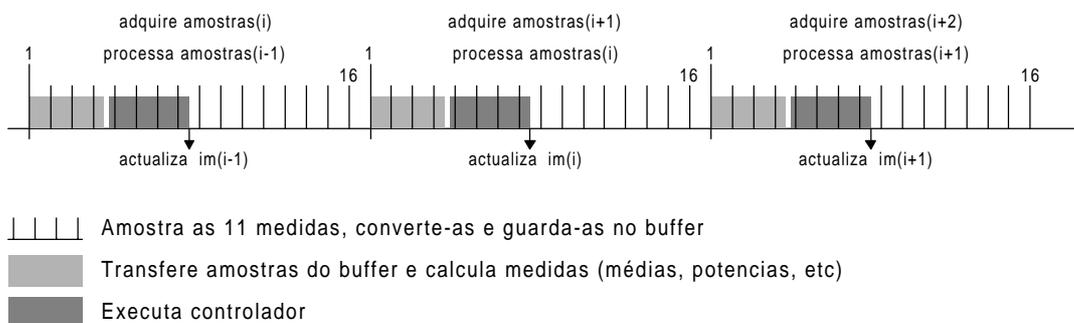


Figura 7.2 - Evolução no tempo da aquisição das amostras, do calculo das medidas e da execução da rotina de controlo da corrente.

A tensão $V_{dc_{inv}}$ possui obviamente o mesmo numero (1000) de degraus que o im.

A diferença entre cada degrau vale 0.465V.

Se a tensão $V_{dc_{inv}}$ for igual a V_{dc} , a corrente I_{dc} permanece constante.

Se a tensão $V_{dc_{inv}}$ estiver um degrau acima de V_{dc} , ao fim de 20ms a corrente I_{dc} diminui:

$$\Delta I = \frac{1}{L} \cdot \Delta V \cdot \Delta T = \frac{0.465 \cdot 20 \text{ms}}{1 \text{mH}} = 9.3 \text{A} .$$

Se a tensão $V_{dc_{inv}}$ estiver um degrau abaixo de V_{dc} , ao fim de 20ms a corrente I_{dc} aumenta 9.3A.

A variação de corrente devido a um degrau de $V_{dc_{inv}}$, ao fim de 20ms é de $\frac{9.3}{400} \cdot 100 = 2.3\%$ da corrente nominal.

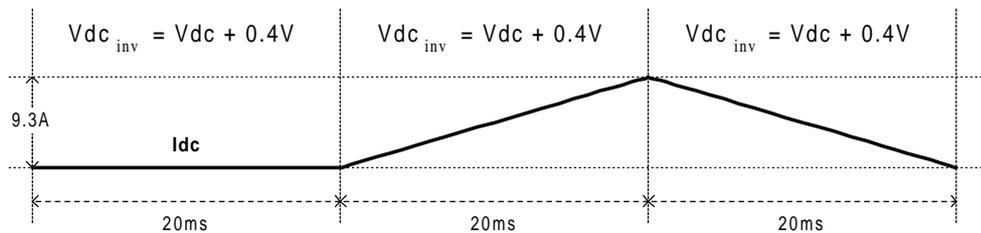


Figura 7.3 - Variação da corrente I_{dc} em função de $V_{dc_{inv}}$.

Esta variação de corrente durante um período de actuação e devida apenas a um degrau de $V_{dc_{inv}}$ (1 índice de modulação), torna extremamente difícil a aplicação dos convencionais controladores clássicos (PID, PI, P. etc) analógicos adaptados aos sistemas discretos.

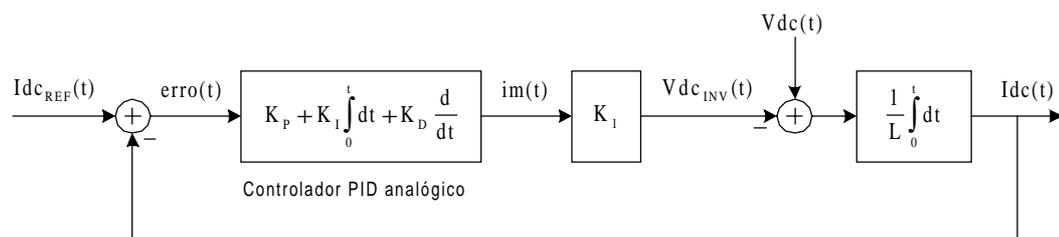


Figura 7.4 - Estrutura do controlador PID analógico aplicado ao SRED para controlo da corrente I_{dc} .

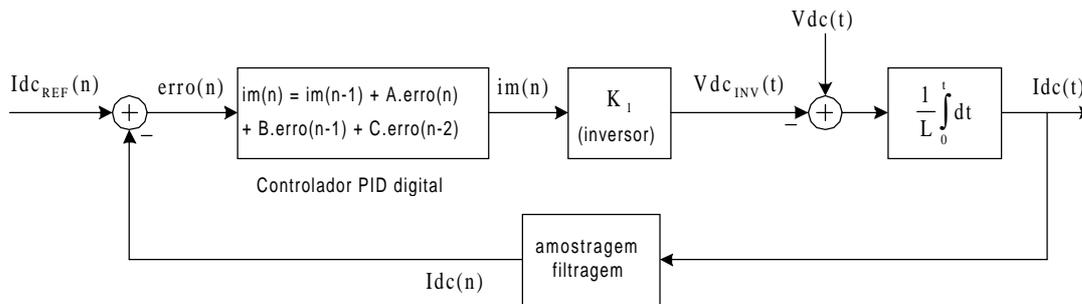


Figura 7.5 - Estrutura do controlador PID digital aplicado ao SRED para controle da corrente I_{dc} .

A discretização do controlador PID está descrita no Anexo A.

Foram realizadas várias simulações na tentativa de ajustar os parâmetros do PID, mas não foi possível encontrar um PID suficientemente rápido e estável. Isto acontece porque o período de actuação / amostragem é demasiado grande para a resolução de V_{dc_inv} e para a bobina utilizada.

A adaptação dos clássicos controladores analógicos aos controladores digitais através da sua discretização apenas é viável se o período de actuação / amostragem e a resolução dos actuadores forem suficientemente finos.

O controlador de corrente usado é construído de forma intuitiva e baseia-se em 3 regras:

- 1) Se a corrente no barramento DC for superior à pretendida, a tensão gerada pelo inversor deve subir de forma a obrigar a corrente a descer:

$$\text{se } I_{dc} > I_{dc_ref} \text{ então } im \uparrow$$

- 2) Se a corrente no barramento DC for inferior à pretendida, a tensão gerada pelo inversor deve descer de forma a obrigar a corrente a subir:

$$\text{se } I_{dc} < I_{dc_ref} \text{ então } im \downarrow$$

- 3) A tensão gerada pelo inversor deve ser próxima da tensão do rotor rectificada:

$$V_{dc} - \Delta V < 465 \cdot im < V_{dc} + \Delta V$$

$$\frac{V_{dc}}{465} - \Delta im < im < \frac{V_{dc}}{465} + \Delta im$$

Desta forma o controlador de corrente possui 3 entradas: I_{dc_ref} , V_{dc} , e I_{dc} e uma saída: im .

A terceira regra, além de não permitir que a corrente I_{dc} tenha subidas ou descidas bruscas devido a manter V_{dc_inv} próximo de V_{dc} , também garante que a máquina assíncrona está a funcionar na zona estável da curva binário / velocidade.

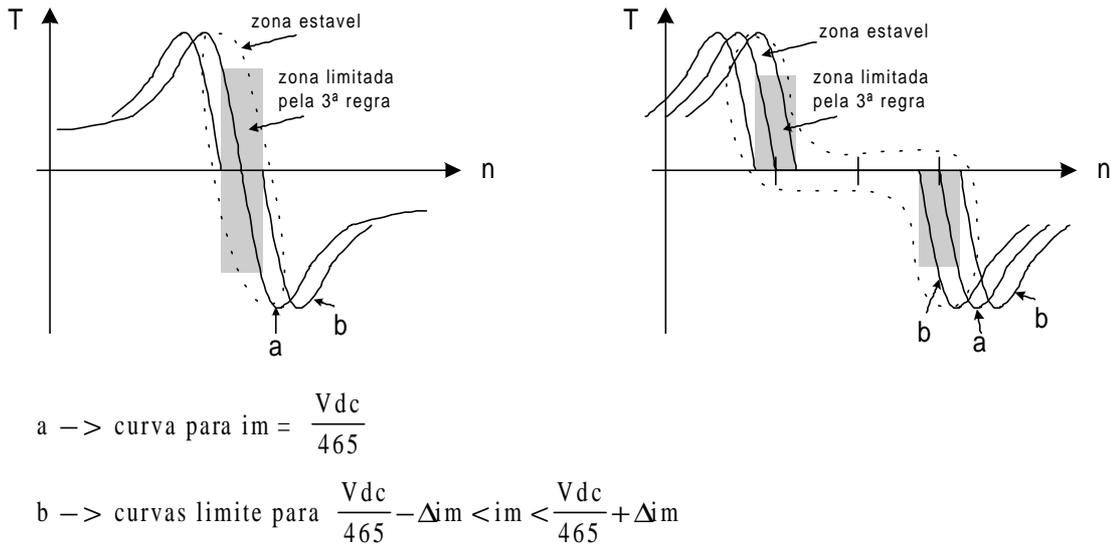


Figura 7.6 - Limitação de $V_{dc_{inv}}$ à zona estável da curva binário / velocidade.

A largura da zona limitada por V_{dc} onde o i_m ($V_{dc_{inv}}$) se pode situar, depende do erro que a medida de V_{dc} contem e da maior ou menor taxa de variação de I_{dc} que se pretende.

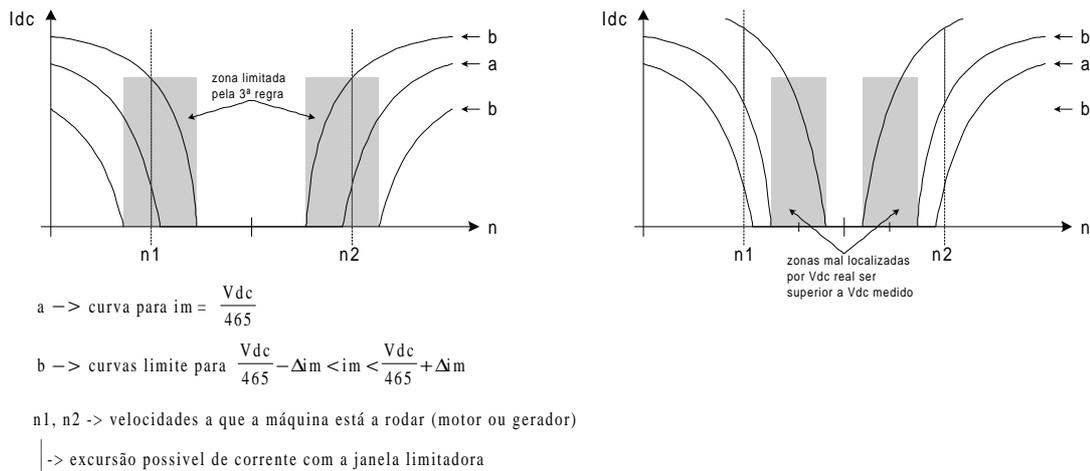


Figura 7.7 - Influência da largura da janela de limitação de i_m .

Na Figura 7.7 devido ao erro de medida em V_{dc} ($V_{dc_{medido}} < V_{dc_{real}}$) a janela de limitação situa-se fora do valor real, o que levaria a corrente a subir sem controlo, uma vez que as regras 1 e 2 tentariam elevar o i_m sem o conseguirem devido à limitação da 3 regra. Obviamente se o erro fosse em sentido contrário ($V_{dc_{medido}} > V_{dc_{real}}$), a limitação inferior do i_m levaria a corrente I_{dc} a anular-se.

Desta forma a largura da janela de limitação deve ser superior ao erro de medida de V_{dc} , de modo a que o valor real esteja situado no interior da janela.

A taxa de variação da corrente I_{dc} depende da diferença de potencial entre V_{dc} e $V_{dc_{inv}}$. Se a largura da janela de limitação for muito estreita, a tensão $V_{dc_{inv}}$ está sempre muito próxima de V_{dc} , levando a uma taxa de variação de I_{dc} baixa e prejudicando a dinâmica do sistema.

Por outro lado, se a largura da janela for demasiado grande, tem o mesmo efeito como se não existisse, ficando o controlo de I_{dc} dependente apenas da 1ª e 2ª regras.

Admite-se que uma largura de janela de $\pm 5V$ ($\approx \pm 10im$) é suficiente. Como é óbvio este valor terá de ser confirmado e ajustado com os testes sobre o sistema real.

Desta forma o im fica limitado pela seguinte equação:

$$\frac{V_{dc}}{465} - 10 < im < \frac{V_{dc}}{465} + 10$$

As 1ª e 2ª regras actuam sobre o im em função das correntes I_{dc} medida e de referencia. A actuação sobre o im é feita através de variações unitárias:

```
se  $I_{dc} > I_{dcref} + LH$  então  $im = im + 1$ 
se  $I_{dc} < I_{dcref} - LH$  então  $im = im - 1$ 
```

O valor LH serve de histerese de modo a que o im não esteja sempre a mudar mesmo que a corrente I_{dc} esteja próxima de I_{dcref} . Naturalmente o valor LH impõe o erro admissível a I_{dc} que se supõe $\pm 5A$.

Deve ser notado que a variação do im pode ser feita em vários níveis ou num controlo de tipo PID, mas isso não deve ser necessário porque a 3ª regra limita o im .

O controlo em vários níveis seria do tipo:

```
erro= $I_{dcref}-I_{dc}$ 
se  $|erro| > Lim1$  e  $|erro| < Lim2$  ; 1º nível
    então aux=Valor1
se  $|erro| \geq Lim2$  e  $|erro| < Lim3$  ; 2º nível
    então aux=Valor2
. . . . .
. . . . .
se erro > 0 então  $im=im+aux$ 
    senão  $im=im-aux$ 
```

O controlo do tipo PID seria do tipo:

```
erro= $I_{dcref}-I_{dc}$ 
aux = aux + erro ; acumulação do erro
im = A*erro + B*erro_1 + C*aux
erro_1=erro
```

Para não introduzir mais atrasos na medida da corrente de forma a não piorar a dinâmica do sistema, a medida da corrente I_{dc} não é filtrada por software. No caso do ruído tornar indispensável a filtragem de I_{dc} , deve ser utilizado um filtro “suave” do tipo FIR (Finite Impulse Response) que dê um grande peso à amostra mais recente em detrimento das restantes. Deve ser notado que a dinâmica da corrente I_{dc} é bastante grande (devido à bobina ser pequena) pelo que um atraso considerável na medida de I_{dc} poderia levar à instabilidade e/ou à subida de I_{dc} para valores demasiado grandes sem que o controlador se apercebe-se do facto.

A forma típica de um filtro FIR é indicada na próxima equação:

$$X_{\text{filtrado}}(n) = A_0 X(n) + A_1 X(n-1) + A_2 X(n-2) + \dots + A_N X(n-N) \quad (7.4)$$

Atendendo à importância da correcta localização da janela de limitação do im, e a que a tensão Vdc depende fortemente da velocidade, e esta devido à inércia do sistema varia lentamente, a medida da tensão Vdc é filtrada para reduzir o seu erro.

O filtro de Vdc é dimensionado um pouco a “ad-hoc” e é orientado na redução do peso computacional. Um filtro que produz bons resultados e é rápido a executar consiste numa média de amostras:

$$X_{\text{filtrado}} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} X(n-i) \quad \text{com } N = \text{potencias de 2: } 2, 4, 8, 16, \dots \quad (7.5)$$

Este filtro é rápido porque é constituído por N somas e uma divisão que pode ser efectuada por uma rotação à direita da palavra digital que contem a soma.

O valor de N impõe o peso da filtragem (e do respectivo atraso), admitindo-se que N=8 é suficiente e não causa um grande atraso a Vdc: $8 \cdot 20\text{ms} = 160\text{ms}$.

O algoritmo final do controlador de corrente para o SRED é exposto a seguir:

```

; parâmetros de controlo ajustáveis
    LH = 5
    LIM = 10
; ajuste de im em função de Idcref e Idc
    aux = im
    se Idc > Idcref + LH então aux=aux+1
    se Idc < Idcref - LH então aux=aux-1
; limitação de im em função de Vdc
    Vdcfiltrado = filtra(Vdc)
    imcentral = Vdcfiltrado / 465
    Se aux > imcentral + LIM então aux = imcentral + LIM
    Se aux < imcentral - LIM então aux = imcentral - LIM
; limitação de im a valores admissíveis
    Se aux > 1000 então aux = 1000
    Se aux < 0 então aux = 0
; actualiza o índice de modulação do inversor
    im = aux

```

A sua transcrição para código é imediata, sendo apenas de reparar que o calculo de im central deve ser feito de acordo com Anexo B de forma a poupar tempo de computação.

3 Controlo da potência trocada com a rede

Este controlador deve receber como referencia a potência a ser entregue à rede ($P_{\text{rede,ref}}$) e comandar o SRED de modo a cumprir a especificação.

O funcionamento do SRED é diferente nos casos em que está a funcionar como gerador ($n > 750 \text{rpm}$) e como motor ($n < 750 \text{rpm}$).

Se desprezarmos as perdas na máquina, a potência trocada com a rede é igual à potência mecânica dada pela expressão:

$$P_{\text{mec}} = \frac{1-s}{s} \left[\left(\frac{18}{\pi^2} R_2 + R_f \right) I_{\text{DC}}^2 + V_{\text{DC}} I_{\text{DC}} \right] \quad (7.6)$$

Nos dois casos (motor: $s > 0$ e gerador: $s < 0$) a potência trocada com a rede é fortemente dependente da corrente I_{dc} e da tensão V_{dc} (ou de s). Desta forma para se impor a potência trocada com a rede a uma determinada velocidade, é necessário controlar a corrente I_{dc} .

A questão do funcionamento como motor ou gerador, coloca o problema do sinal da potência trocada com a rede (positiva se motor, negativa se gerador), uma vez que a corrente I_{dc} é sempre positiva.

Para se construir um controlador que funcione quer como motor quer como gerador, é mais simples trabalhar com o módulo da potência trocada com a rede.

Desta forma, para se trocar mais potência com a rede (independentemente de se fornecer ou retirar) a corrente I_{dc} deve subir:

se $|P_{\text{rede}}| < |P_{\text{rede,ref}}|$ então $I_{\text{dc}} \uparrow$

se $|P_{\text{rede}}| > |P_{\text{rede,ref}}|$ então $I_{\text{dc}} \downarrow$

Este palavrado à volta do sinal da potência parece ser irrelevante, mas é de extrema importância para o controlador poder funcionar como gerador e motor. Basta reparar que se a corrente I_{dc} for definida sem ter em linha de conta o sinal da potência, o sistema passa a ser realimentado positivamente no caso de funcionar como gerador conforme é exposto na Figura 7.8.

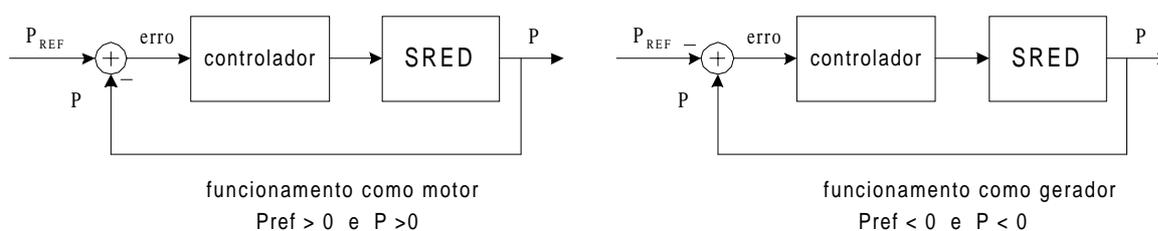


Figura 7.8 - Influência do sinal da potência trocada com a rede no controlo do SRED.

Sempre que se quer trocar mais potência com a rede o controlador detecta um erro positivo e leva o SRED a subir a potência. Isto funciona bem na situação como motor, mas como gerador o sinal de erro fica trocado, levando o controlador a descer potência, o que é precisamente o contrário ao pretendido. A situação fica resolvida se o sinal de erro for gerado com os módulos de P_{de} e $P_{\text{de,ref}}$.

Existem basicamente 2 formas de construir este controlador:

- A partir da potência de referencia e da potência medida definir a corrente que deve circular no barramento DC, e depois utilizar o controlador de corrente para impor I_{dc} .
- A partir da potência de referencia, da potência medida, da corrente I_{dc} e da tensão V_{dc} , comandar directamente o índice de modulação do inversor.

Na primeira forma pode-se usar um PID para determinar a corrente de referência $I_{dc,ref}$ conforme a Figura 7.9:

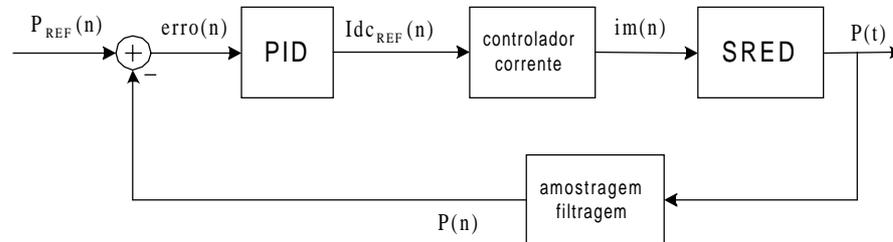


Figura 7.9 - Uso de um PID para calcular a corrente de referência.

No entanto, a calibração do PID não é evidente e pode ser problemática. Deve ser reparado que a dinâmica do PID deve ser inferior à dinâmica do controlador de corrente sob pena do sistema se tornar instável.

Outra forma de determinar $I_{dc,ref}$ é através do modelo do SRED. A corrente que I_{dc} que deveria circular no barramento DC é calculada através do modelo do SRED em função da velocidade de rotação e da potência pretendida.

O controlo ficava em malha aberta e a sua precisão fortemente dependente dos valores do modelo do SRED e das não linearidades inerentes.

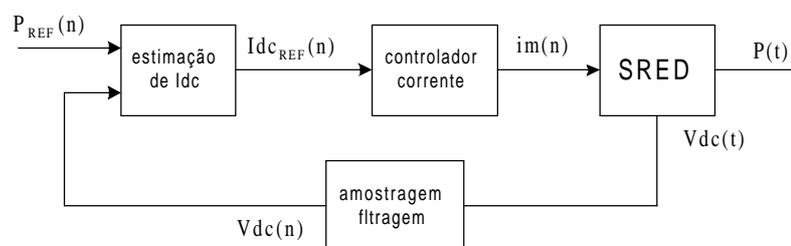


Figura 7.10 - Controlo da potência em malha aberta através do cálculo da corrente de referência no barramento DC.

Uma segunda versão deste método recorre à potência medida para ajustar o valor da corrente de referência em função do erro de potência.

- 1) Se a potência medida for superior à pretendida, a corrente I_{dc_ref} deve descer de forma a obrigar a potência a descer:

$$\text{se } |Prede| > |Prede_{ref}| \text{ então } I_{dc} \downarrow$$

- 2) Se a potência medida for inferior à pretendida, a corrente I_{dc_ref} deve subir de forma a obrigar a potência a subir:

$$\text{se } |Prede| < |Prede_{ref}| \text{ então } I_{dc} \uparrow$$

- 3) A corrente de referência deve ser próxima da corrente determinada pelo modelo do SRED, da potência de referência e da tensão V_{dc} .

$$\frac{|Prede_{ref}|}{V_{dc}} - \Delta I < I_{dc_ref} < \frac{|Prede_{ref}|}{V_{dc}} + \Delta I$$

As considerações e métodos mencionados no controlador de corrente (largura da janela de limitação e codificação das 1ª e 2ª regras) continuam obviamente válidas para estas regras.

No entanto, apesar de a solução de hierarquizar o comando do SRED em potência e corrente, ser aparentemente óbvia (nos controladores clássicos a hierarquização é por vezes imprescindível) neste caso não se tiram grandes vantagens, sendo mesmo mais complicado de construir e mais pesado em termos de computação.

Desta forma, optou-se por comandar directamente o índice de modulação do inversor a partir da potência de referência, da potência medida, e da tensão e corrente no barramento DC.

O controlador com 1 saída (im) e 4 entradas ($Prede_{ref}$, $Prede$, V_{dc} e I_{dc}) assenta em 5 regras:

- 1) Se a potência medida for superior à pretendida, o índice de modulação deve subir de forma a que a corrente I_{dc} desça:

$$\text{se } |Prede| > |Prede_{ref}| \text{ então } im \uparrow$$

- 1) Se a potência medida for inferior à pretendida, o índice de modulação deve descer de forma a que a corrente I_{dc} suba:

$$\text{se } |Prede| < |Prede_{ref}| \text{ então } im \downarrow$$

- 3) A tensão gerada pelo inversor deve ser próxima da tensão do rotor rectificadora:

$$V_{dc} - \Delta V < 465 \cdot im < V_{dc} + \Delta V$$

$$\frac{V_{dc}}{465} - \Delta im < im < \frac{V_{dc}}{465} + \Delta im$$

- 4) Se a corrente I_{dc} for superior ao máximo admissível, o índice de modulação deve subir, de forma a que a corrente I_{dc} desça:

$$\text{se } I_{dc} > I_{dc_{\max}} \text{ então } im \uparrow$$

- 5) Se a corrente I_{dc} for inferior ao mínimo admissível, o índice de modulação deve descer, de forma a que a corrente I_{dc} suba:

$$\text{se } I_{dc} < I_{dc_{\min}} \text{ então } im \downarrow$$

Naturalmente, tudo o que foi exposto sobre a 3ª regra no controlador de corrente (garantia de funcionamento na zona estável, largura da janela de limitação, etc), permanece válido na 3ª regra do controlador de potência.

A variação do im devido ao erro entre as potências medida e de referencia está condicionada pelos limites da corrente I_{dc} . Como é óbvio a corrente I_{dc} não deve passar dos limites inferior e superior.

Desta forma as 4ª e 5ª regras tem prioridade sobre as 1ª e 2ª regras.

Deve ser notado que a limitação da corrente impõe um limite superior e inferior à potência entregue à rede em função da velocidade.

Pelas mesmas razões da corrente I_{dc} , a medida da potência entregue à rede não deve sofrer uma grande filtragem por software, sob pena do controlador se tornar instável devido ao atraso provocado pelo filtro.

Tal como no controlador de corrente a medida de V_{dc} também deve passar por um filtro.

Os métodos de implementar as 1ª e 2ª regras são naturalmente do mesmo tipo das equivalentes no controlador de corrente.

Também aqui se escolheu a actuação sobre o im através de variações unitárias:

$$\text{se } |P_{\text{rede}}| > |P_{\text{rede}_{\text{ref}}}| + LH \text{ então } im = im + 1$$

$$\text{se } |P_{\text{rede}}| < |P_{\text{rede}_{\text{ref}}}| - LH \text{ então } im = im - 1$$

O valor LH serve de histerese de modo a que o im não esteja sempre a mudar mesmo que P_{rede} esteja próxima de $P_{\text{rede}_{\text{ref}}}$. Naturalmente o valor LH impõe o erro admissível a P_{rede} que se supõe $\pm 5KW$.

O algoritmo final do controlador de potência entregue à rede é exposto a seguir:

```
; parâmetros de controlo ajustáveis
    LH = 5000
    LIM = 10
    Idcmax = 500
    Idcmin = 100
; variável auxiliar para o im
    aux = im
; verificação dos limites de corrente
    se Idc > Idcmax então aux=aux+1
    se Idc < Idcmin então aux=aux-1
    salta para PASSO1
; ajuste de im em função de Prederef e Prede
    se |Prede| > |Prederef| + LH então aux=aux+1
    se |Prede| < |Prederef| - LH então aux=aux-1
PASSO1:
; limitação de im em função de Vdc
    Vdcfiltrado = filtra(Vdc)
    imcentral = Vdcfiltrado / 465
    Se aux > imcentral + LIM então aux = imcentral + LIM
    Se aux < imcentral - LIM então aux = imcentral - LIM
; limitação de im a valores admissíveis
    Se aux > 1000 então aux = 1000
    Se aux < 0 então aux = 0
; actualiza o índice de modulação do inversor
    im = aux
```

A sua transcrição para código do C167 também é imediata.

4 Definição da potência a ser entregue à rede

Este é sem dúvida o controlador mais problemático do SRED aplicado à recuperação da energia das ondas oceânicas.

Ainda não existe muita informação sobre como a potência disponível varia ao longo do tempo de acordo com as características temporais do mar, com a câmara pneumática, com a turbina, etc.

Existem dois requisitos a cumprir pelo sistema:

- a potência entregue à rede não deve ter grandes variações para não a perturbar;
- o recurso energético deve ser optimizado, pelo que em cada momento deve ser produzida a maior quantidade de energia disponibilizada pela turbina;

que em certa medida são incompatíveis entre si.

As grandes oscilações da potência disponível em cada instante levam à necessidade de algo que filtre essas variações, de forma a que a potência entregue à rede seja o mais constante possível.

A filtragem é realizada através da inércia do conjunto Turbina-Gerador e da variação da velocidade de rotação.

Desta forma o conjunto Turbina-Gerador armazena uma quantidade de energia:

$$E = \frac{1}{2} J \omega^2 \quad (7.7)$$

que acelerando (desacelerando), absorve (fornece) a diferença de potência entre a potência fornecida à rede e a disponível na turbina.

Se o gerador produzir uma potência eléctrica constante, a velocidade de rotação vai subir ou descer consoante a potência disponibilizada pela turbina ser respectivamente superior ou inferior à potência entregue à rede.

Desta forma a potência entregue à rede deve ser igual à potência média (P_M) disponível no recurso, ficando a velocidade a oscilar em torno de um valor médio (ω_M).

Como é óbvio, não se pode permitir que em algum instante o gerador passe dos limites superior e inferior, pelo que é necessário cuidado quando a velocidade média estiver próxima desses limites.

Assim, os limites da velocidade média são definidos a partir dos limites da velocidade instantânea e da máxima oscilação da velocidade (definida pelo valor do momento de inércia do sistema - J).

É possível demonstrar que para otimizar a energia retirada à ondulação marítima, a potência média retirada deve ser proporcional ao cubo da velocidade média de rotação:

$$P_M = K \omega_M^3 \quad (7.8)$$

A potência a entregar à rede pode ser obtida de duas formas:

- ordem expressa do autómato para produzir uma determinada potência;
- controlador interno que em função da velocidade determina a potência disponível na turbina.

Quer seja definida de um modo ou doutro, a potência a entregar à rede é a entrada do controlador de potência do SRED (P_{REF})

Se a potência requerida pelo autómato for superior (inferior) à potência média fornecida pela turbina, o sistema vai desacelerar (acelerar) até que atinge o limite inferior (superior) de velocidade permitida. Neste caso deve ser gerado um alarme que desce (sobe) a potência de referência e notifica o autómato.

O controlador de potência limita automaticamente a potência retirada à turbina através da limitação da corrente no barramento DC. Se o controlador detectar que a potência requerida pelo autómato origina uma corrente fora dos limites de segurança, notifica o autómato acerca do facto.

4.1 Controlador para definição da potência a entregar à rede

Um critério possível para definir a potência que deve ser produzida pelo SRED é medir a velocidade média a que a máquina está a rodar, e obter a potência a partir da equação que optimiza o recurso:

$$P_{REF} = K \cdot \omega_M^3 \quad (7.9)$$

A frequência de cálculo de P_{REF} tem de ser superior ao período da ondulação marítima e inferior aos períodos de variação da energia disponível no recurso (estado da ondulação marítima)

Naturalmente este controlo deve ser aperfeiçoado à medida que se vão realizando os testes no local, e se obtem melhor conhecimento sobre as características da potência primária (média e instantânea) disponíveis no recurso.