

Estratégias de Controle de Microrredes

Prof. Antonio Simões Costa
Labspot - UFSC

Controle Hierárquico de Microrredes (I)

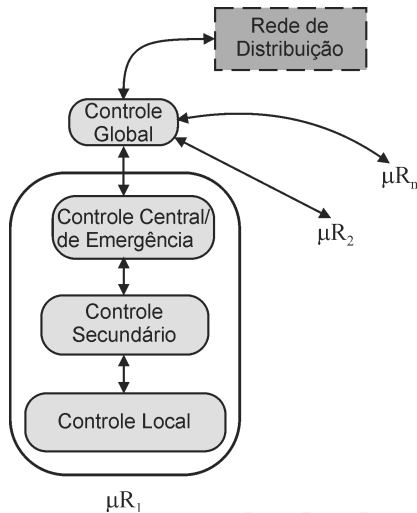
A estrutura hierárquica de controle de microrredes tem por objetivo permitir, tanto na operação em modo interligado quando durante ilhamentos:

- ▶ repartição adequada de carga e coordenação entre as diversas fontes;
- ▶ Regulação de frequência e tensão;
- ▶ Ressincronização com a rede principal;
- ▶ Otimização dos custos operacionais;
- ▶ Controle do fluxo de potência entre a microrrede, microrredes vizinhas e a rede principal.

Controle Hierárquico de Microrredes (II)

A estratégia de controle hierárquico é implementada em quatro níveis:

- ▶ Controle local, ou primário;
- ▶ Controle secundário;
- ▶ Controle central/de emergência;
- ▶ Controle global.



Visão Geral do Controle Hierárquico: componentes

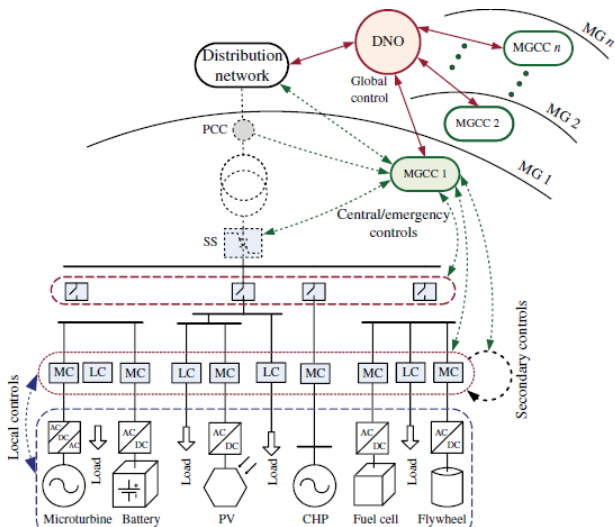
- ▶ O **controle local** diz respeito aos controles primários, tais como os laços de controle de tensão e corrente das microfontes renováveis;
- ▶ O **controle secundário** assegura que os desvios de frequência e de tensão sejam regulados para apresentar tendência a zero após cada variação de carga ou geração;
- ▶ O **controle central e de emergência** implementa esquemas de controle de emergência e esquemas especiais de proteção para manter a estabilidade e disponibilidade da microrrede face a contingências;
- ▶ O **controle global** permite a operação econômica ótima da microrrede e organiza a relação entre a microrrede, a rede principal de distribuição, e outras microrredes vizinhas.

Visão Geral do Controle Hierárquico: controladores

Os principais controladores que executam as ações hierarquizadas de controle de microrredes são:

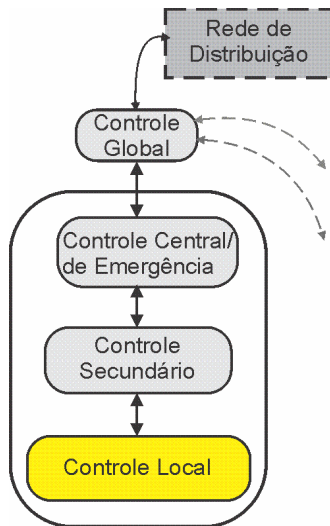
- ▶ Os **controladores das microfontes (MCs)**, acionados pelo controle local;
- ▶ Os **controladores de carga (LCs)**, instalados próximos às cargas controláveis, para permitir ações de controle da demanda;
- ▶ O **Controlador Central da Microrrede (MGCC)**, único para cada microrrede, que faz a interface entre esta e o Sistema de Gerenciamento da Distribuição **DMS**, ou com o Operador da Rede de Distribuição **DNO**;
- ▶ O **DMS/DNO**, cuja responsabilidade é fazer a gestão da operação dos subsistemas de média e baixa tensão, que podem conter múltiplas microrredes.

Visão Geral do Controle Hierárquico: esquema ilustrativo



Controle Local (I)

- ▶ Inclui os laços de controle internos de frequência e tensão;
- ▶ Essencial para repartição da geração entre as diversas fontes;
- ▶ Mantém a estabilidade das fontes mediante medição e controle dos sinais locais;
- ▶ Evita circulação indesejável de corrente entre as fontes.

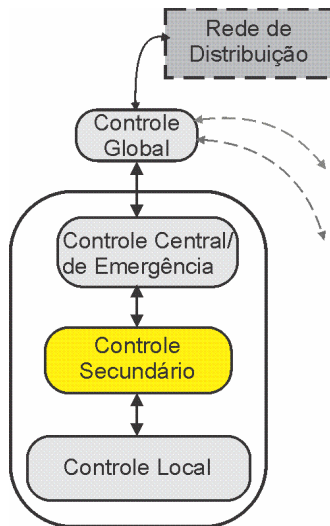


Controle Local (II)

- ▶ Também chamado de **controle primário**, é o primeiro nível de da hierarquia de controle;
- ▶ Dentre todos os níveis, é o que apresenta a resposta mais rápida;
- ▶ Assume diferente formas, dependendo do tipo de geração (gerador síncrono, de indução, conectada via conversores de Eletrônica de Potência);
- ▶ Não necessita de elos de comunicação: hardware mais simples, custo mais baixo;
- ▶ Usualmente utilizam controle via “*droop*”;
- ▶ Quando exercido em VSCs, frequentemente faz uso de multimalhas aninhadas de tensão e corrente, filtros e compensação *feedforward*.

Controle Secundário (I)

- ▶ Complementa a ação do controle local e melhora o desempenho do sistema removendo os erros de regime permanente;
- ▶ Compensa desvios de tensão e frequência causados por:
 - ▶ Variações de carga;
 - ▶ Operação do controle local.
- ▶ Necessita de elos de comunicação entre MGCC e fontes.

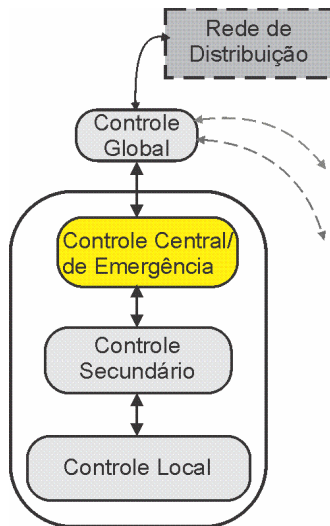


Controle Secundário (II)

- ▶ É particularmente importante na operação ilhada, já que neste caso as fontes e inversores perdem as referências de tensão e frequência da rede principal;
- ▶ Neste caso, o controle secundário **fornece as referências de frequência e tensão** para o controle primário, de modo a garantir a tendência para zero dos erros em regime permanente;
- ▶ Opera em uma **escala de tempo mais lenta** que o controle local (largura da faixa passante mais estreita para os elos de comunicação).

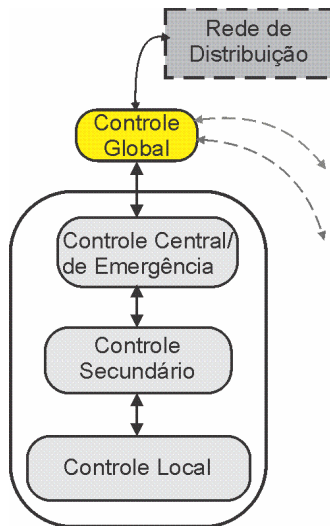
Controle Central/de Emergência

- ▶ Nível de controle hierárquico mais alto da μR ;
- ▶ Determina a melhor alocação de microfones (*unit commitment*) para a μR ;
- ▶ Em ação coordenada com o Contr. Secundário, assegura regulação de frequência e tensão;
- ▶ Implementa cortes de carga e outras ações emergenciais de controle, proteção e sincronização.

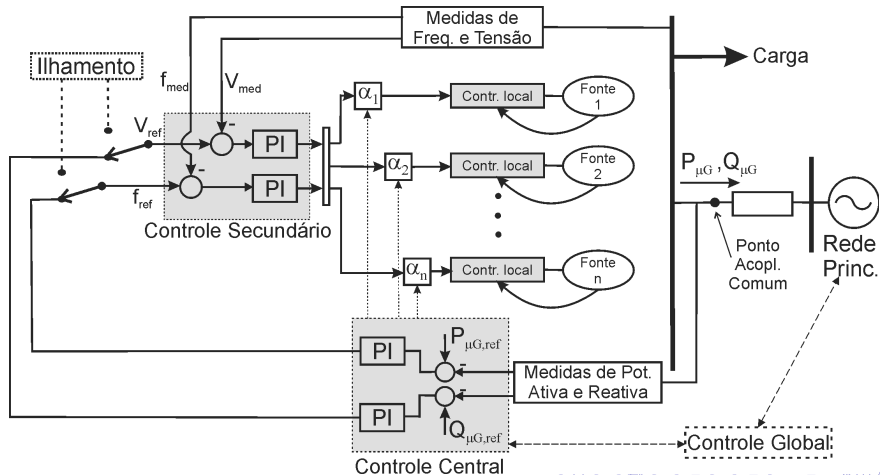


Controle Global

- ▶ Coordena a operação interligada de múltiplas μR s e a rede de distribuição principal;
- ▶ Executa a gestão econômica de potência ativa e reativa das redes interligadas;
- ▶ Supervisiona as atividades de mercado das μR s, tais como intercâmbios de pot. reativa, reserva girante, gestão de congestionamentos, etc.



Visão Detalhada do Controle Hierárquico



Comentários (I)

- ▶ No modo conectado à rede, os desvios entre os valores de $P_{\mu G}$ e $Q_{\mu G}$ de referência (fixados pelo controle global) e medidos são usados para fixar os valores de referência de tensão e frequência do controle secundário;

Comentários (I)

- ▶ No **modo conectado à rede**, os desvios entre os valores de $P_{\mu G}$ e $Q_{\mu G}$ *de referência* (fixados pelo controle global) e *medidos* são usados para fixar os valores de referência de tensão e frequência do controle secundário;
- ▶ Os **fatores de participação** α_i são usados para distribuir a ação do controle secundário da forma mais econômica. Para uma dada μR têm-se

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$$

Comentários (I)

- ▶ No **modo conectado à rede**, os desvios entre os valores de $P_{\mu G}$ e $Q_{\mu G}$ *de referência* (fixados pelo controle global) e *medidos* são usados para fixar os valores de referência de tensão e frequência do controle secundário;
- ▶ Os **fatores de participação** α_i são usados para distribuir a ação do controle secundário da forma mais econômica. Para uma dada μR têm-se

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$$

- ▶ Em condições de emergência em que a μR opera em **modo isolado**, o objetivo do controle deixa de ser a potência despachada e passa a **privilegiar a regulação de frequência e tensão** na μR .

Comentários (II)

- ▶ Em condições de ilhamento, torna-se necessário explorar não apenas a **geração despachável**, mas também:

Comentários (II)

- ▶ Em condições de ilhamento, torna-se necessário explorar não apenas a **geração despachável**, mas também:
 - ▶ **dispositivos armazenadores de energia**;

Comentários (II)

- ▶ Em condições de ilhamento, torna-se necessário explorar não apenas a **geração despachável**, mas também:
 - ▶ dispositivos armazenadores de energia;
 - ▶ esquemas de **redução de carga**;

Comentários (II)

- ▶ Em condições de ilhamento, torna-se necessário explorar não apenas a **geração despachável**, mas também:
 - ▶ dispositivos armazenadores de energia;
 - ▶ esquemas de **redução de carga**;
 - ▶ esquemas especiais de proteção,

Comentários (II)

- ▶ Em condições de ilhamento, torna-se necessário explorar não apenas a **geração despachável**, mas também:
 - ▶ dispositivos armazenadores de energia;
 - ▶ esquemas de **redução de carga**;
 - ▶ esquemas especiais de proteção,
 - ▶ etc;

Comentários (II)

- ▶ Em condições de ilhamento, torna-se necessário explorar não apenas a **geração despachável**, mas também:
 - ▶ dispositivos armazenadores de energia;
 - ▶ esquemas de **redução de carga**;
 - ▶ esquemas especiais de proteção,
 - ▶ etc;
- ▶ Estas ações de controle são funções de **controle central/de emergência**, implementadas pelo **MGCC**.