

## **Sistema de Controle de Potência Ativa e Reativa na Regulação de Baixa Tensão em Redes de Distribuição**

Fabiana Seidel<sup>1</sup>, Felipe Joel Zimann,<sup>2</sup> Alessandro Batschauer<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Elétrica - CCT – bolsista PIBIC/CNPq

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Doutorado em Engenharia Elétrica – CCT

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – CCT – alessandrobatschauer@gmail.com

Palavras-chave: Filtro Seletivo de Harmônicas. Inversor Trifásico. Potência Ativa e Reativa

### **I. OBJETIVO**

Devido ao consumo crescente de energia elétrica e a preocupação com a qualidade de energia fornecida aos consumidores a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabeleceu diretrizes para o funcionamento e desempenho para os sistemas de distribuição de energia elétrica, que são abordados nos Procedimentos de Distribuição (PRODIST). As características abordadas no Módulo 8 envolvem a tensão em regime permanente, fator de potência, harmônicos, desequilíbrio de tensão, flutuação de tensão, variações de tensão de curta duração e variação da frequência.

Uma das principais características que deve ser atendida pela Companhia de Distribuição é a tensão fornecida em um nível adequado aos consumidores, caso a tensão fornecida esteja em níveis precários ou críticos a companhia deve efetuar a correção dentro de curtos prazos, porém este processo pode levar muito tempo para planejamento e execução. Para isso podem ser empregados filtros ativos, que possuem algumas topologias adequadas para a regulação de tensão, possuindo baixo volume, alta resposta dinâmica, controle de potência injetada e sistema de controle adequado para diversas aplicações.

O objetivo desta pesquisa foi desenvolver um dispositivo que pudesse levar a tensão no ponto de conexão de cargas para o nível adequado de maneira rápida até que possam ser tomadas providencias definitivas pela concessionária, utilizando a potência reativa disponível na rede e uma fonte auxiliar de potência ativa, caso a reativa não seja suficiente.

### **II. METODOLOGIA**

Nesta pesquisa foi utilizado um inversor de tensão controlado em corrente, trifásico, a quatro fios, com filtro LCL de segunda ordem, conectado à rede de distribuição pelo ponto de conexão de cargas para fazer a compensação de tensão por energia ativa e reativa em redes trifásicas de distribuição, além de ter capacidade de operar como filtro para frequências harmônicas específicas.

Diferente das redes de média e alta tensão, onde os parâmetros resistivos da linha podem ser desprezados, as redes de baixa tensão possuem parâmetros resistivos significativos em relação aos parâmetros indutivos, sendo necessária a utilização de potência ativa na compensação da tensão. Tendo em vista as características das impedâncias das linhas, buscou-se utilizar um sistema para gerenciamento do controle modificando as referências de corrente para que seja

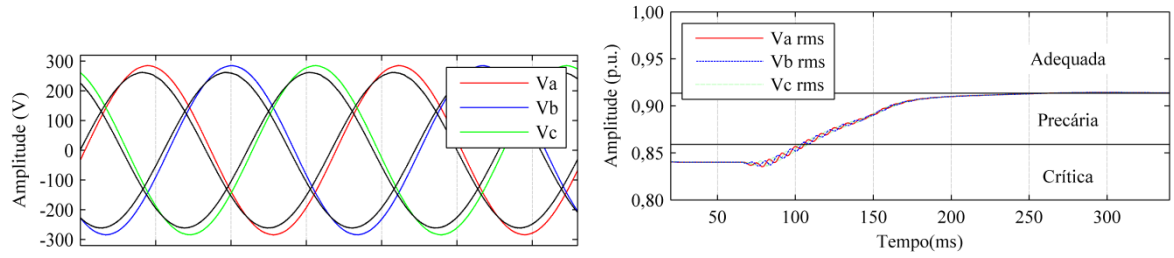
priorizada a utilização de energia reativa na regulação. O controle de corrente possui uma referência sincronizada por um *Phase Locked Loop* que tem como base a tensão no ponto de conexão de cargas. O controle da tensão de barramento é efetuado pelo inversor, enquanto o conversor cc-cc bidirecional controla o fluxo de energia entre o sistema de armazenamento e o barramento cc.

### III. RESULTADOS

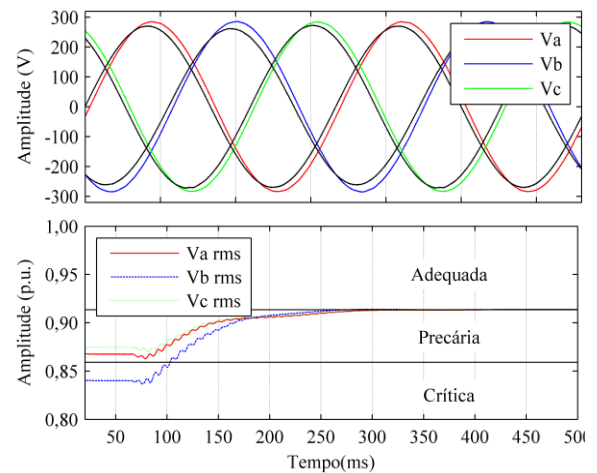
O sistema proposto foi inicialmente simulado com cargas equilibradas e utilizando a referência de tensão mínima para regulação de tensão. Com uma carga resistiva-indutiva, fator de potência de 0,9 e potência aparente de 0,8 p.u. Pode-se visualizar na Fig.1 as tensões das três fases no Ponto de Conexão de Cargas (PCC), com e sem compensação. Na Figura 1 também podem ser observados os valores de tensão eficaz das fases no PCC, a partir do início da compensação ocorre a elevação no valor eficaz da tensão até atingir o valor de regulação desejado. Quando simulado com cargas desequilibradas, também foi utilizada a referência de tensão mínima para regulação de tensão, com cargas de fator de potência de 0,9, 0,9 e 0,7 e potência aparente de 0,8, 1,0 e 0,8 p.u., nas fases A, B e C respectivamente. Pode-se observar na

Fig.12 as tensões desequilibradas e após a compensação a elevação dos valores eficazes e balanço entre as fases, isso porque o sistema opera de forma independente em cada fase.

Foram inseridos retificadores monofásicos com filtro capacitivo de diferentes potências em cada fase (cargas não-lineares), injetando assim conteúdo harmônico da tensão do PCC. O controle do conversor projetado sintetiza as harmônicas de 3<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> ordem, onde está concentrada a maior energia para compensação. O conteúdo harmônico nas tensões de fase  $V_a$ ,  $V_b$  e  $V_c$  sem compensação eram 5,1%, 3,7% e 2,6%, respectivamente, após a compensação foi observado a redução dos harmônicos de maior ordem para valores de distorção harmônica aceitáveis (1,3%, 1,1% e 0,9%).



**Fig.1** Valores eficazes das tensões de fase, antes ( $V_a = V_b = V_c = 0,8400$  p.u.) e depois ( $V_a = V_b = V_c = 0,9136$  p.u.) da compensação de tensão por energia ativa e reativa com cargas equilibradas.



**Fig. 2** Valores eficazes das tensões de fase, antes ( $V_a = 0,8674$  p.u.  $V_b = 0,8400$  p.u.  $V_c = 0,8745$  p.u.) e depois ( $V_a = V_b = V_c = 0,9136$  p.u.) da compensação de tensão por energia ativa e reativa com cargas desequilibradas.