



Grupo de Estudo de Subestações e Equipamentos de Alta Tensão-GSE

SUBESTAÇÃO COMPACTA INTEGRADA - SECI, UM PADRÃO ESTRATÉGICO DE SUCESSO PARA EXPANSÃO DO SISTEMA ELÉTRICO DA CEMIG

**SANDRO DE CASTRO ASSIS(1); PAULO ROBERTO FREITAS C. COSTA(2); EDUARDO NUNES CARVALHO(3); MARISA LAGES MURTA(4); AFONSO VANDERLEI NUNES BARBOSA(5); IGOR LUIZ DE MELLO MOTTA(6); LEONARDO RAMOS OLIVEIRA(7);
Cemig D(1);Cemig D(2);Cemig D(3);Cemig D(4);Cemig D(5);Cemig D(6);Cemig D(7);**

RESUMO

A solução da Subestação Compacta Integrada (SECI) tem sido desenvolvida como um padrão da CEMIG DISTRIBUIÇÃO. Este projeto faz parte da estratégia para expansão do sistema sob concessão e sua aplicação pode ser estendida para as outras concessionárias, não somente do Brasil. A SECI se caracteriza pela simplicidade do arranjo elétrico, alta confiabilidade, utilizando equipamentos isolados a gás SF₆, equipamentos padronizados, baixos custos de operação e implantação, bem como baixo impacto ambiental. Este trabalho apresenta a experiência na implantação desta solução, considerando características técnicas, motivadores, premissas, ganhos em relação as soluções convencionais similares, além dos requisitos técnicos de melhorias para implantação da segunda geração.

PALAVRAS-CHAVE

SECI, Subestação Compacta Integrada, Baixo Custo, Expansão, Sistema de Distribuição

1.0 - INTRODUÇÃO

Desde de o início dos anos 2000, as concessionárias brasileiras de distribuição de energia elétrica seguem regras regulamentadoras mais exigentes. As exigências regulatórias, definidas de acordo com resoluções normativas, notas técnicas e procedimentos específicos são estabelecidas pela Agência Nacional de energia elétrica – ANEEL e estão fortemente associadas a prudência nos investimentos, remuneração de ativos, qualidade de atendimento a cargas, consumidores e acessantes, dentre outros [1][2].

Desde de então, a CEMIG D tem adequado os seus padrões técnicos de linhas de distribuição, redes de distribuição e subestações para atender a nova regulamentação.

Particularmente para as subestações de distribuição, foram definidos 4 novos padrões de configurações, com as seguintes características de tensões de operação e potências nominais [3]:

- Subestação GIS:
 - 138/13,8 kV - 2x40 MVA;
- Subestação Híbrida:
 - 138/13,8 kV – 1x25 MVA;
 - 138/23 kV – 1x25 MVA;
 - 138/34,5 kV – 1x25 MVA;
 - 138/13,8 kV – 2x25 MVA.
- Subestação Compacta Integrada - SECI:
 - 138/69-13,8 kV – 15 MVA;
 - 138-13,8 kV – 15 MVA

- 138-34,5 kV – 25 MVA;
- 34,5-13,8 kV – 10 MVA.
- Subestação de integração:
 - 138 kV - tem a função de conectar novos consumidores e acessantes, apenas com equipamentos híbridos de manobra.

Estas soluções foram estudadas e concebidas, com base no atendimento as regras regulatórias e as seguintes premissas básicas[4]:

- Prudência e reconhecimento do investimento na tarifa de energia elétrica;
- Redução do custo de implantação (CAPEX) para a viabilização de um maior número de subestações, permitindo a redução do comprimento das redes de MT e conseqüente melhoria nos índices de DEC/FEC;
- Redução dos custos de manutenção e operação (OPEX);
- Redução dos prazo de execução dos custos adicionais (serviços) para a implantação;
- Subestações compactas, mais simples e confiáveis, utilizando o estado da arte da tecnologia de equipamentos compactos e de soluções integradas de equipamentos pré-comissionados em fábrica;
- Eliminação de ampliações / adequações futuras;
- Implementação de soluções de automação com arquiteturas otimizadas.

Os novos padrões de subestações aplicam integralmente equipamentos compactos de manobra na alta e média tensões, de tecnologia a gás SF₆, com diversas funcionalidades integradas, em substituição a seccionadores, disjuntores e TIs convencionais, atendendo ao conceito mundial de otimização de ativos e confiabilidade com alto desempenho operacional [6-9]. Atualmente, já existem um conjunto de subestações do tipo SECI, Híbrida e de Integração em operação na sistema elétrico da CEMIG DISTRIBUIÇÃO, com sinalização dos ganhos esperados e atendimento às premissas estabelecidas.

A implantação do projeto da SECI tem demonstrado ganhos técnicos e financeiros expressivos em função do seu conceito inovador e alto nível de compactação. Sendo assim, o objetivo é apresentar as principais características e diferenciais desta solução, em comparação a subestação isolada a ar similar, e as melhorias de requisitos de especificação técnica para instalação da segunda geração da subestação, bem como os ganhos verificados nos aspectos:

- Aquisição de terreno e equipamentos;
- Projeto;
- Gestão de empreendimentos;
- Automação, manutenção e operação.

2.0 - CARACTERÍSTICAS DA SUBESTAÇÃO COMPACTA INTEGRADA - SECI

As Subestações Compactas Integradas foram concebidas para serem conectadas nas extremidades de novas linhas radiais ou como derivação de linhas existentes, nas tensões de 138 kV, 69 kV ou 34,5 kV. No lado de média tensão possuem um número máximo de quatro alimentadores, nas tensões de 34,5 kV ou 13,8 kV.

Estão padronizadas quatro configurações desta categoria de subestação:

1. 34,5-13,8 kV-10 MVA – 3 saídas de alimentadores e 1 banco de capacitores de 1,2 Mvar;
2. 138x69 kV-13,8kV – 15 MVA – 4 saídas de alimentadores e 1 banco de capacitores de até 4,8 Mvar. Esta subestação opera inicialmente em 69 kV, mas já é preparada para operação futura em 138kV;
3. 138-13,8 kV - 15 MVA – 4 saídas de alimentadores e 1 banco de capacitores de até 4,8Mvar;
4. 138-34,5 kV - 25 MVA – 4 saídas de LD 34,5 kV.

A principal característica das Subestações Compactas Integradas é a aplicação de vários equipamentos e sistemas integrados montados em uma única plataforma metálica (chassi), destacando-se as principais modificações em relação aos padrões anteriores:

- a seção de entrada de alta tensão – com um painel com chave de 34,5 kV e disjuntor em SF₆ ou um módulo híbrido simples de 138 kV – SF₆, para proteção do transformador.
- opcionalmente, pode ser instalado um conjunto de manobra GIS SF₆ para uso externo em substituição ao módulo híbrido de 138 kV;
- transformador de potência convencional, isolamento em óleo mineral, com comutador de derivações em carga (CDC);
- a seção de saída de média tensão – com um painel integrado de chaves tripolares em SF₆;
- equipamentos de proteção, controle, rádio para telecomunicação, serviços auxiliares e medição, instalados em painéis montados sobre o chassi;
- eliminação das etapas de ampliações. Será instalado o arranjo definitivo na 1ª etapa;
- transformador de serviços auxiliares do tipo pedestal isolado a óleo mineral;

- arranjo elétrico simplificado utilizando arranjos com barramentos simples, tanto na alta como na média tensão;
- arranjo físico dos equipamentos e componentes extremamente compactos;
- utilização de religadores de média tensão na área externa à propriedade da subestação. Estes religadores passam a ser ativos da rede de distribuição;
- padronização de apenas uma arquitetura de automação para as 4 configurações de SECIs;
- Custo de implantação cerca de 50 % menor, comparado a subestação convencional similar, com a instalação de quantidade muito reduzida de equipamentos e sistemas. A SECI dispõe de sistema de automação, serviços auxiliares próprios com retificador e banco de baterias e infraestrutura de telecom para comunicação com o centro de operação;
- Prazo de projeto e implantação (comissionamento) cerca de 50% menor, comparado a subestação convencional similar.

Os religadores de média tensão das saídas dos alimentadores são instalados no lado de fora da subestação, passando a ser ativos da rede de distribuição, com acesso livre para as equipes de manutenção de rede.

As Subestações Compactas Integradas que atendem às redes de 13,8 kV possuem um banco de capacitores, o qual é montado fora do chassi e interligado a uma chave do painel de 13,8 kV e manobrado por um religador (também fora do chassi). A subestação de 138-34,5 kV não possui bancos de capacitores, uma vez que a compensação de reativos é feita na SE 34,5-13,8 kV e na rede de 13,8 kV.

Os custos de manutenção são reduzidos, em torno de 80% quando comparados à uma subestação convencional similar, contemplando o cuidado com a área perimetral da subestação para manutenção e eventual retirada dos equipamentos e sistemas, bem como instalação de SE móvel em caso de necessidade.

A área para implantação é reduzida, economizando 8 vezes a área necessária para implantação de subestação isolada a ar (AIS) convencional similar. Isso permite a implantação do arranjo mais próximo do centro de carga a ser atendido.

2.1 Características Elétricas e Físicas

Na Figura 1 é apresentado o diagrama elétrico básico da SECIs já implantadas, caracterizado por extrema simplicidade funcional de manobra e arranjo de barras. Destaca-se dentro do retângulo o arranjo dos equipamentos que são montados integralmente sobre o chassi metálico. A Figura 2 apresenta um corte de projeto do arranjo dos equipamentos da SECI montados sobre o chassi metálico, onde é importante destacar as seguintes premissas para a execução desta solução e sua instalação:

- deve contemplar sobre um único chassi metálico os equipamentos principais, sistemas de supervisão, controle, comando e proteção, medição, telecomunicações, serviços auxiliares e interligações;
- sistemas de supervisão, controle, comando, proteção e telecomunicações devem ser supridos com sistema específico de condicionamento de ar;
- o banco de capacitores não será instalado sobre o chassi, por motivo de segurança;
- o transformador de potência deve ser do tipo convencional, com isolamento a óleo mineral, visando facilidade de atendimento a contingência na subestação com outro equipamento reserva existente no sistema em operação;
- deve ser integralmente montada, testada e pré-comissionada na fábrica do fornecedor;
- deve ser transportada para o *site* com todos os seus componentes, atendendo aos requisitos legais da legislação de transporte;
- deve ser instalada sobre uma única fundação padronizada para todos os tipos de SECIs.

É inovação filosófica para o arranjo elétrico desta subestação a montagem dos religadores de média tensão das saídas dos alimentadores do lado de fora da subestação, com acesso livre para as equipes de manutenção de rede. Estes equipamentos passam a ser ativos das redes de média tensão neste novo padrão, possibilitando redução de custos e prazos na execução dos serviços de instalação, manutenção e substituição de equipamentos.

A Figura 3 apresenta um exemplo de *layout* de projeto da SECI, onde pode ser observado a instalação convencional do banco de capacitores e banheiros, pórtico de encabeçamento de linha de distribuição 138kV, para-raios e TPs de 138kV, banheiros, posição dos religadores de média tensão, juntamente com o chassi de equipamentos. Comparado a subestação convencional similar, o *layout* de projeto compacto da SECI apresenta ganhos consideráveis nos custos de aquisição de terreno e serviços de execução de obras civis e montagem.

O estudos de coordenação de isolamento da subestação demonstraram a condição de segurança operativa deste arranjo (extremamente compacto, utilizando equipamentos combinados com isolamento a gás SF6) frente a eventos de descargas atmosféricas [5].

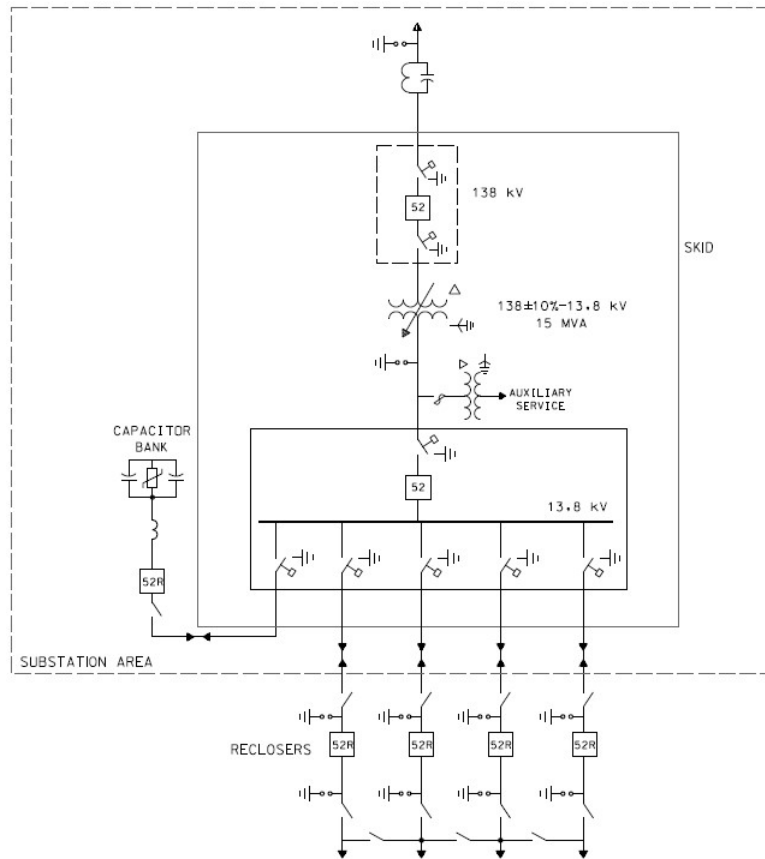


Figura 1 – Diagrama elétrico básico com funções de proteções SECI 138-13,8KV – 15MVA

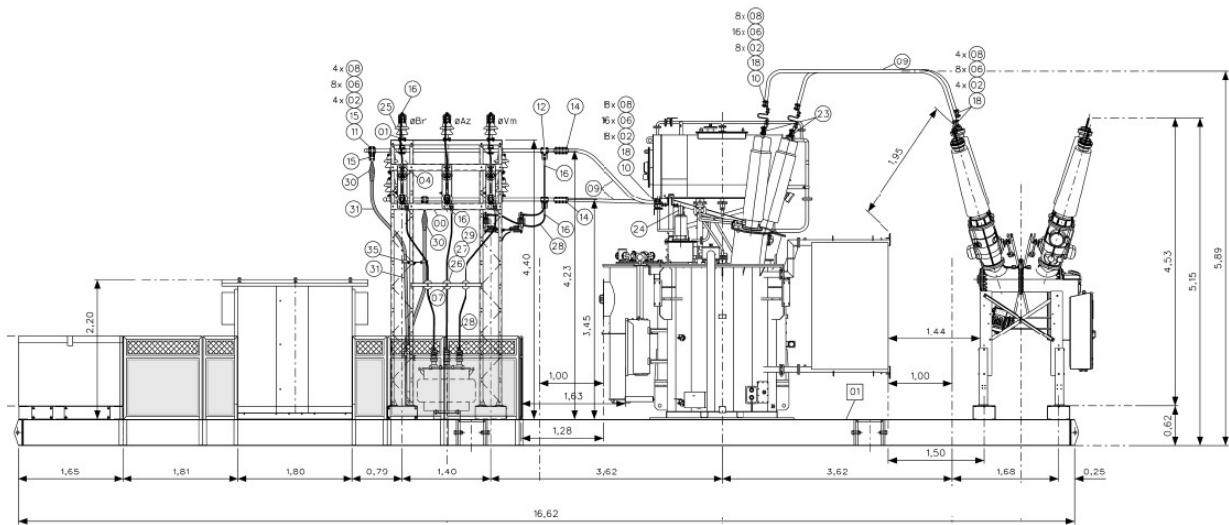


Figura 2 – Corte de projeto SECI 138-13,8KV – 15MVA

Dentre os requisitos técnicos de melhorias definidos para a segunda geração de SECIs, podem-se destacar:

- Substituição do transformador de serviços auxiliares convencional pela solução de transformador pedestal, permitindo maior compactação e segurança do arranjo eletromecânico instalado no chassi;
- Limitação de peso e dimensões do transformador de potência, possibilitando a padronização de fundação e bacia coletora de óleo, com ganhos no projeto do chassi e escala na execução das obras civis das instalações;
- Padronização do cabo isolado de média tensão de interligação do transformador de potência e painel de manobra.

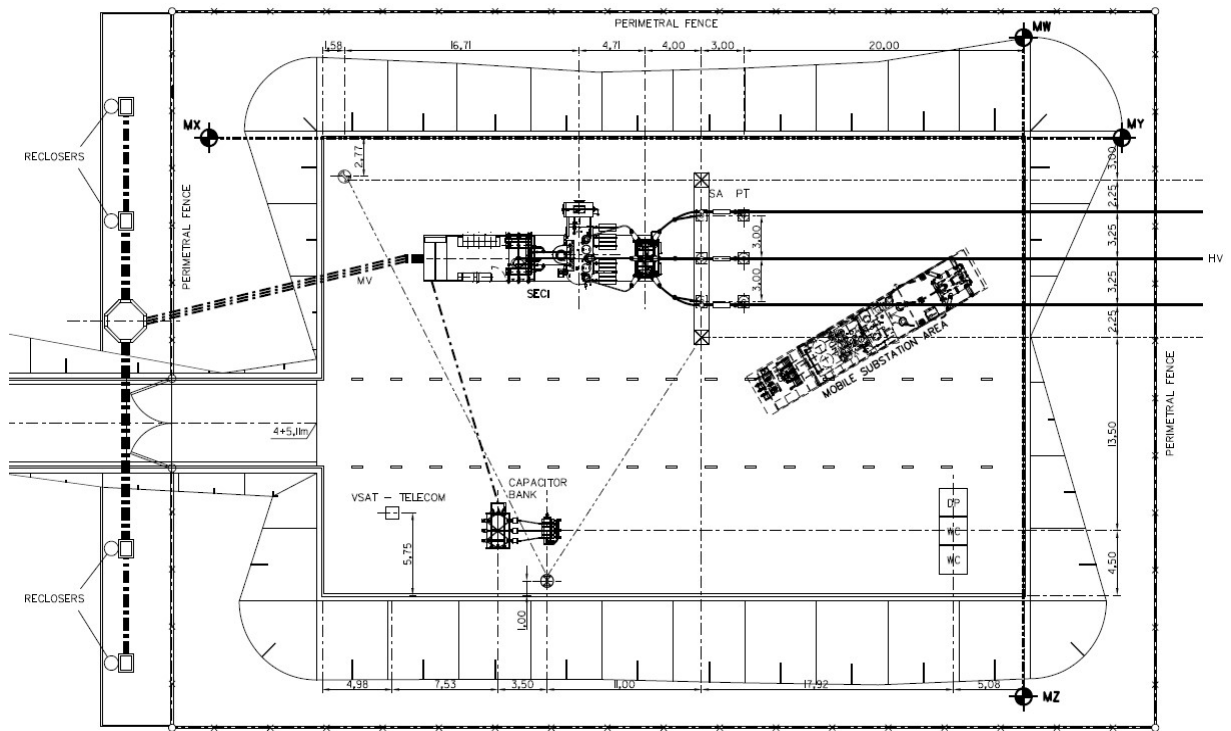


Figura 3 – Layout de Projeto SECI 138-13,8KV – 15MVA

As fotografias 1 e 2 mostram o equipamento SECI com todos os seus componentes sobre o chassi metálico e visão geral de todo o arranjo de equipamentos da subestação completa.



Fotografia 1 – Chassi da SECI com equipamentos – Colocação sobre a base da fundação.



Fotografia 2 – Visão da subestação com a SECI.

2.2 Sistemas de Proteção, Automação e Telecomunicações

2.2.1 Proteção

São características básicas dos sistema de proteção para a SECI, em função da sua configuração simplificada:

- Não possuem proteção de linha, uma vez que são ligadas no final de linhas radiais ou em derivação;
- Para o transformador de potência e circuito geral de média tensão:
 - Proteção diferencial de fase (87) – Funções adicionais: 87N, 51, 51G1, 51G2, 81, 50D e 59N – Quantidade: Dois relés por transformador.
 - As proteções diferenciais (87 e 87N) atuam para falhas no transformador e as funções de sobrecorrente (51, 51G1, 51G2) para falhas no circuito geral, na barra de média tensão, nos cabos de potência ou como retaguarda para faltas em alimentadores, caso ocorra falha de atuação dos religadores de rede.
 - A função falha de disjuntor (50D) verifica a permanência de corrente, mesmo após ter sido enviado sinal de desligamento (*trip*) para o disjuntor geral de média tensão. Caso a corrente persista, a função 50D envia um sinal de desligamento (*trip*) para o(s) disjuntor(es) de retaguarda, que no caso da Subestação Compacta Integrada é o disjuntor do módulo de manobra híbrido compacto de 138 kV.
 - A função sobretensão residual (59N) atua para o caso de falta fase-terra no lado de alta tensão, quando há presença significativa de geradores no lado de média tensão, o que pode resultar em sobretensão no lado de alta tensão.
 - A função de proteção de subfrequência (81) é utilizada no Esquema Regional de Alívio de Carga (ERAC), desligando cargas e aliviando o sistema elétrico, no caso de perdas de gerações de grande porte no sistema interligado. Poderá ser ajustada ou não, em função do ponto do sistema elétrico no qual a Subestação Compacta Integrada será aplicada.
 - A função 59N não será implementada na Subestação Compacta Integrada de 138-34,5 kV, uma vez que o transformador possui ligação estrela aterrada na alta tensão. Portanto, neste caso não haverá sobretensão na alta tensão em função de curto-circuito fase-terra, diferentemente das outras Subestações Compactas Integradas, cujo transformador possui ligação Delta da alta tensão.
- Para o transformador de serviço auxiliar
 - O transformador de serviço auxiliar do tipo pedestal, protegido por fusíveis interno e baioneta.
- Barra de 13,8 kV
 - Falhas na barra de média tensão são protegidas de forma temporizada pelas funções de sobrecorrente dos relés do transformador.
- Seções de média tensão
 - As seções de média tensão são protegidas por religadores. Deverão ser habilitadas as seguintes funções de proteção do controle do religador:
 - Proteção de sobrecorrente de fase e de terra (50/51 50/51N1 51N2)
 - Proteção de subfrequência (81) – a ser utilizada no Esquema Regional de Alívio de Carga (ERAC)
 - Religamento (79)
- Banco de Capacitores
 - Nas Subestações Compactas Integradas de 34,5-13,8 kV será instalado um banco de 1,2 Mvar tipo Pbn, manobrado e protegido por um religador. Deverão ser habilitadas as seguintes funções de proteção do controle do religador:
 - Proteção de sobrecorrente de fase e de terra (50/51 50/51N)
 - Proteção de subtensão (27)
 - Proteção de sobretensão (59)
 - Nas Subestações Compactas Integradas de 138x69-13,8 kV e 138-13,8 kV será instalado um banco de até 4,8 Mvar tipo AN. Este banco é protegido por um relé e pelo religador, conforme mostrado a seguir:
 - Proteção de desequilíbrio de corrente (61) – Quantidade: Um relé por banco
 - Deverão ser habilitadas as seguintes funções de proteção do controle do religador:
 - Proteção de sobrecorrente de fase e de terra (50 50N)
 - Proteção de subtensão (27)
 - Proteção de sobretensão (59)

2.2.2 Automação

Como exemplo de arquitetura para a solução de automação da SECI, a Figura 4 apresenta a arquitetura de referência para a Subestação Compacta Integrada de 138-13,8 kV – 15 MVA. As características básicas da solução e a filosofia de automação são aplicadas aos demais padrões da SECI, permitindo alto nível de padronização e ganhos consideráveis nos procedimentos operacionais.

Os religadores das saídas de média tensão são integrados diretamente ao SCADA do COD – Centro de Operação da Distribuição, via protocolo de comunicação DNP3.0, utilizando a infraestrutura de telecomunicações da SECI. Para os relés de proteção do transformador e o relé 61 do banco de capacitor, a arquitetura é baseada na norma

IEC61850, sendo prevista uma Unidade Central de Controle (UCC) para comunicação com o COD, via protocolo IEC60870-5-101 ou DNP3.0.

O controlador automático do banco de capacitores e o controle do religador do banco de capacitores são integrados via contatos discretos (I/O) ao relé 61.

Na mesma rede IEC61850 em que estão conectados os relés, deve ser possível fazer o acesso remoto a todos eles para parametrização e coleta de dados de oscilografia. Deve também ser possível acessar os demais IEDs (*switch*, roteador, UCC, etc.) da solução, via ROD, para parametrização remota.

O sincronismo de tempo dos equipamentos (relés de proteção, UCC, *switches*, etc.) é feito pela rede IEC61850, através de sinal recebido do SCADA.

São previstos medidores de perdas para as saídas dos alimentadores de média tensão, que serão instalados na SECI e integrados ao Centro Integrado de Medição via protocolo de comunicação DNP3.0, utilizando a infraestrutura da subestação. Será também instalado um sistema de medição de consumo próprio.

Para controle local dos equipamentos, serão utilizados painéis de comandos locais instalados na SECI e o painel de comando do MMHC – Módulo de Manobra Híbrido Compacto. Especificamente para os religadores das saídas dos alimentadores e do banco de capacitores, é previsto adicionalmente o controle nível 0 na caixa de comando do próprio religador. Não é prevista IHM local para este padrão de subestação.

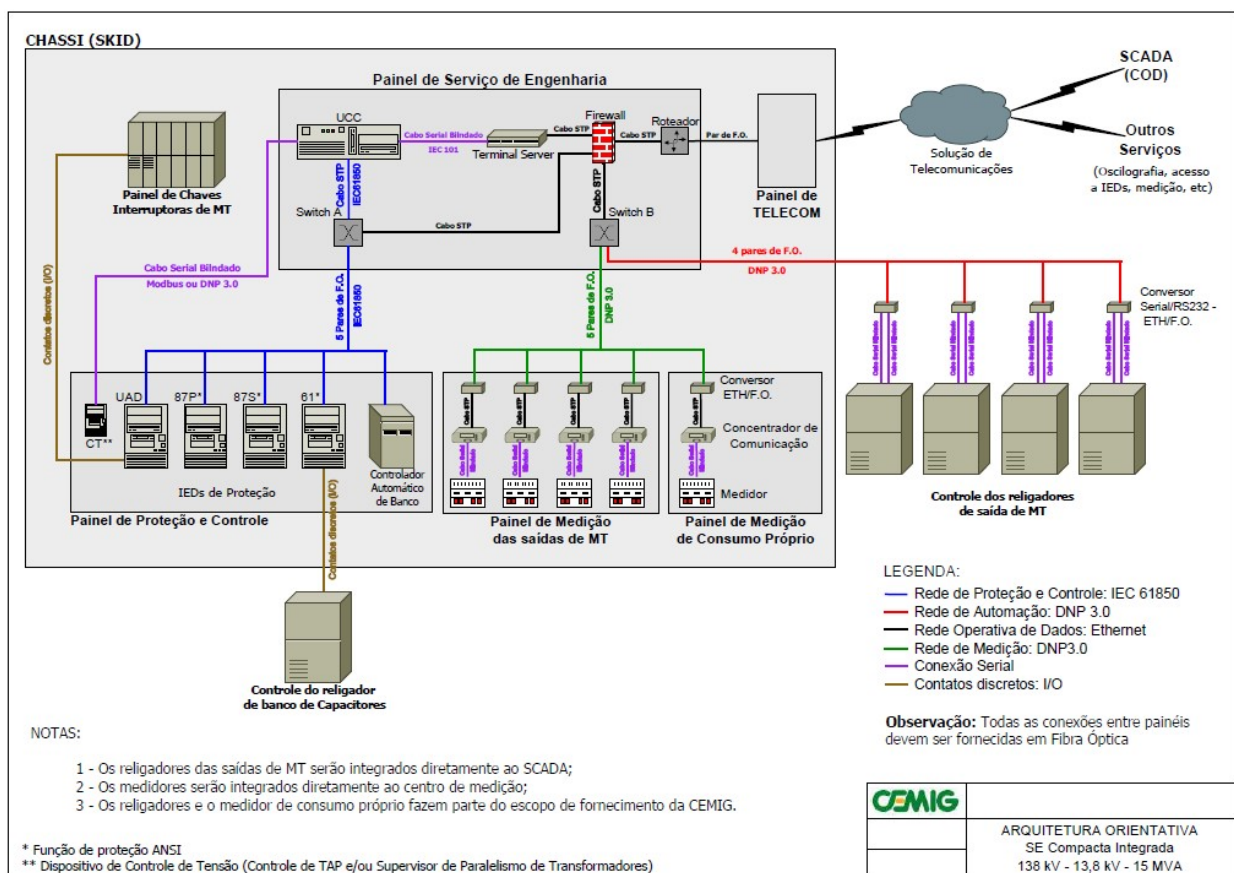


Figura 4 – Arquitetura de automação

2.2.3 Telecomunicações

Utiliza como padrão um sistema de rádio de baixa capacidade, com as seguintes características principais:

- Rádios UHF, faixa de 400 - 470 MHz, banda de 128 kbps;
- Antenas UHF, Yagi, 16 dBi de Ganho, faixa de 400 a /470 MHz;
- Switches industrial Gerenciável;
- Conversor CC/CC, 125 Vcc para (12 a 36)Vcc, com possibilidade de ajuste, com saída de alarmes, 240 W;

Nos casos em que a subestação for interligada em uma linha que possui sistema de fibra óptica, devem ser instalados na Subestação Compacta Integrada, os equipamentos de interface que permitirão a utilização da fibra óptica, em substituição ao rádio. Caso existam restrições físicas para a utilização do rádio e não exista fibra óptica na linha, deverá ser utilizado o sistema via satélite. Se a SECI for interligada em uma linha que possui sistema de teleproteção, deverá ser implantada uma bobina de bloqueio, a qual tem a função de evitar a atenuação do sinal de telecomunicação em função da interligação da subestação em derivação.

3.0 - CONCLUSÃO

O uso de equipamentos compactos isoladas a gás SF₆, confiáveis e com diversas funcionalidade combinadas, é forte direcionador para o sucesso de aplicação dos novos padrões de subestações da CEMIG DISTRIBUIÇÃO, tendo a sua viabilidade econômica associada a estratégia de escala de aquisição. Sendo assim, o plano de expansão do sistema elétrico de subtransmissão da concessionária prevê a implantação de mais de 55 novas subestações no ciclo tarifário de 2018-2022, atendendo as regras regulatórias, com alta confiabilidade operacional.

A implantação do projeto da SECI tem demonstrado ganhos técnicos e financeiros tão expressivos que a mesma irá representar cerca 65% das subestações a serem implantadas no referido ciclo. Na segunda geração da SECI, a CEMIG D está reduzindo em, aproximadamente, 25% o pátio, quando comparado com a primeira geração recentemente implantada.

Porém, existem grandes desafios e metas a serem alcançadas e consolidadas, associadas principalmente as questões operacionais. Como é recente a implantação da SECI no campo, é preciso acompanhar o seu desempenho operacional, avaliando se os ganhos esperados estão sendo alcançados, estudando também melhorias e adequações que possam ser implementadas. Os aspectos de segurança operacional também devem ter acompanhamento diferenciado, visando avaliar os critérios de treinamento das equipes técnicas e execução dos respectivos procedimentos de manutenção e operação.

A solução inovadora da SECI, com um nível de compactação extremo, associado a simplicidade dos requisitos técnicos, alta confiabilidade operacional e com os ganhos reais para sua implantação, tem sido o grande diferencial deste produto, motivando outras concessionárias de energia elétrica a redirecionar seus padrões de subestações. O conceito do produto pelas suas características de aplicação pode também ser de interesse internacional, com atrativa viabilidade técnico-econômica para diversas concessionárias de energia elétrica.

Até o momento, o sucesso na sua produção, implantação e implementação, consolida a SECI como um padrão de subestação da CEMIG D, alinhado as estratégias de expansão dos negócios da concessionária, com obtenção dos ganhos esperados para o melhor resultado empresarial e pleno atendimento as regras regulatórias.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ANEEL, Nota Técnica nº 71 - Base de Remuneração Regulatória – Banco de Preços Referenciais – Metodologia Aplicada a Redes, Linhas e Subestações de Distribuição, 2015;
- (2) ANEEL - Módulo 8 – Qualidade de Energia Elétrica – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST;
- (3) Alécio A. Moreira, Paulo R. F. C. Costa, “Padronização de Subestações da Cemig Distribuição” (Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE – 2011);
- (4) Sandro C. Assis, Paulo R. F.C. Costa, Eduardo N. Carvalho, Alécio M. Oliveira, Eduardo M. Raposo, Gildecil S. Aguiar, Leonardo R. Oliveira, “Novos Padrões de Subestações Compactas da Cemig D para Expansão do SISTEMA Elétrico no Estado de Minas Gerais” (Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE – 2015);
- (5) Sandro C. Assis, Paulo R. F. C. Costa, André. N. Teixeira, Roberto M. Coutinho, Marcos A. B. Júnior, “Soluções de Coordenação de Isolamento em Subestações Compactas Integradas – SECI” (Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE – 2017);
- (6) CIGRÉ 532 WG B3-23, “Substation Uprating and Upgrading”, 2013;
- (7) CIGRÉ 381 WG B3-17, “GIS State of Art 2008”, 2008;
- (8) IEEE Std C37.122 – “High Voltage Gas-Insulated Substations Rated Above 52kV”, 2010;
- (9) PSERC Publication 10-17, “Substation of the Future: A Feasibility Study”, October 2010

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Sandro de Castro Assis possui graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Brasil, em 2004, 2006 e 2017, respectivamente. Atualmente é engenheiro sênior de projetos de sistemas elétricos de linhas de transmissão e subestações da CEMIG Distribuição e professor do IEC PucMinas no curso de Transmissão e Distribuição. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Transmissão de Energia Elétrica, Estudos Elétricos em SEP, inclusive em área industrial. É membro dos comitês de estudo CE-C4 – Desempenho de Sistemas Elétricos, CE-B3 – Subestações, CE-B2 – Linhas de Transmissão do Cigré Brasil. Foi representante no grupo de trabalho "*WG C4.26 - Evaluation of Lightning Shielding Analysis Methods for EHV and UHV DC and AC Transmission Lines*" e atualmente é representante no grupo de trabalho "*WG C4.39 - Effectiveness of Line Surge Arresters for Lightning Protection of Overhead Transmission Lines*".



Paulo Roberto F. C. Costa nascido em Belo Horizonte, estado de Minas Gerais, Brasil, em 21 de dezembro de 1966. Curso de graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais Pós-graduação em Sistemas Elétricos de Potência pela Universidade Federal de Minas Gerais. Ocupa o cargo de Engenheiro Sênior da CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A., Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, desde 1991, com experiência em Estudos elétricos e projetos de Linhas de transmissão e Subestações de Distribuição e Transmissão, especializado em estudos de concepção de subestações compactas.



Eduardo Nunes e Carvalho nascido em Pitangui, estado de Minas Gerais, Brasil, em 06 de agosto de 1962. Curso de graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Atualmente ocupa o cargo de Engenheiro Sênior e coordena o agrupamento de equipamentos e materiais de linhas e subestações da CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A., Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Empregado desta concessionária de energia desde 1991, estando envolvido com as atividades de elaboração de especificação para compra, aprovação de documentação técnica e aplicação de equipamentos de Subestações de Distribuição e Transmissão.



Marisa Lages Murta possui graduação, mestrado e doutorado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Minas Gerais. Ingressou na Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG em 2002, na área de Projetos de Subestações. De 2009 a 2014, ocupou o cargo de Engenheira de Projetos do Sistema Elétrico na CEMIG Distribuição, atuando na área responsável pelo desenvolvimento e padronização de novas tecnologias e metodologias de trabalho para a empresa. Desde 2014, coordena a área de automação de subestações de distribuição, na Gerência de Automação da Distribuição da Cemig D. Possui experiência na elaboração de especificações técnicas e definição de soluções para automação de redes e subestações de Distribuição.



Afonso Vanderlei Nunes Barbosa nasceu em Petrolina, PE, Brasil. Possui graduação em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia Kennedy (1997). Atualmente ocupa o cargo de Engenheiro Sênior de Projetos Cíveis e coordena o agrupamento de traçado de linhas e projeto civil de subestações da CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A., Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, atuando há 32 anos na área de expansão do Sistema Elétrico.



Igor Luiz de Mello Motta, nascido em Belo Horizonte em 16/07/1962, graduado em Engenharia Elétrica pelo CEFET-MG com especialização em Engenharia de Segurança pela FEAMIG. Trabalha há mais de 30 anos no setor elétrico, nas áreas de subestações, linhas de transmissão aéreas e subterrâneas de alta tensão até 500 kV, com atuação nas atividades de construção, projeto e planejamento.



Leonardo Ramos Oliveira nascido em Araxá, Minas Gerais, Brasil, em 10 de maio de 1987. Possui graduação em Engenharia Elétrica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG (2010), em Belo Horizonte e Pós-graduação em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas, FGV (2015). Trabalha desde fevereiro de 2009 na CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A., contratado através de empresas terceirizadas, passou pelas áreas de Equipamentos de Subestações e Gestão e Contratação de Projetos de Subestações e, atualmente, trabalha no setor de Viabilidade de Projetos de Subestações e Linhas de Distribuição. Trabalhou na elaboração de editais de licitação (Turn Key/EPPG) para contratação de construção, ampliação e reforma de subestações compactas da CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A., região metropolitana de Belo Horizonte.