



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

ELSON MARTINS DANTAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Campina Grande, Paraíba
Fevereiro de 2014

ELSON MARTINS DANTAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Empresa: Construtora Rocha Cavalcanti / Sisint Lda.
Período do Estágio: 24/07/2013 a 27/12/2013

Orientador:

Francisco das Chagas Fernandes Guerra

Campina Grande, Paraíba
Fevereiro de 2014

ELSON MARTINS DANTAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Francisco das Chagas Fernandes Guerra
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha Mãe, ao meu Pai,
a todos meus familiares e amigos que torceram
por mim.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a DEUS, em primeiro lugar, por estar sempre me guiando pelos caminhos do bem, me dando forças para continuar na longa caminhada da vida.

Agradeço também à minha mãe, Fátima, meu pai, Edgar, meu irmão Denis e minha irmã, Narayanna, por terem sido meus pilares como formação de homem.

À toda minha família que esteve presente nas minhas derrotas e/ou vitórias, seja fisicamente ou no coração.

Aos meus verdadeiros amigos do grupo Omact que estão comigo para momentos de tristeza ou de alegria.

Aos companheiros de curso que tornaram-se verdadeiros irmãos, especialmente ao eterno amigo Fábio Diego que, infelizmente, só posso agradecer em oração, nesse momento que ele sempre desejou estar presente.

Ao professor Chagas pela paciência e disposição dedicada a mim, na orientação deste trabalho e no aprendizado da vida.

Agradeço a equipe da Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica, por serem verdadeiros tutores e guias durante o curso, sempre buscando as melhores alternativas para a melhoria da qualidade de ensino do curso.

*“O que importa não é o que você tem na vida,
mas quem você tem na vida.”*
William Shakespeare.

RESUMO

O estágio integrado, foi realizado mediante uma parceria com a Construtora Rocha Cavalcanti e a empresa portuguesa Sisint, Lda. A Construtora Rocha Cavalcanti com pretensões de entrar no ramo de construções de subestações, investiu no estagiário para que este pudesse adquirir um certo know-how na área e repassar diretrizes aos seus empregadores sobre o setor. O estágio foi realizado na sede da empresa Sisint, no município de Grijó, que fica 15 Km ao sul da cidade do Porto, Portugal. Com o intuito de dar uma base geral, o orientador Pedro Maio, optou por apresentar uma base na parte de projetos da parte de proteção, comando e controle de subestações, comissionamento de relés de proteção e ensaios dos primários em TC's e TP's, sendo este último o principal foco do estágio. Todas as atividades desenvolvidas durante o estágio foram de grande importância para o crescimento profissional do aluno, visto que este obteve a oportunidade de conhecer a parte teórica e prática da construção de subestações.

Palavras-Chave: Estágio, Subestação, Comissionamento, Construção.

ABSTRACT

The current internship was accomplished through a partnership between Construtora Rocha Cavalcanti and the Portuguese company Sisint, Lda. Construtora Rocha Cavalcanti has recently got interested in the field of substations building, that's why they wanted the intern to have this foreign experience on that company, so he could acquire some know-how on that area of study and give his employees the real situation about that sector of investment. The internship was accomplished on the main office of Sisint, in the Grijó town, which is placed 15 Km South of Oporto, Portugal. Looking forward to give the intern a general view, his boss, Pedro Maio, opted for giving him some basis in the field of projects of protection, command and control of substations, relays commissioning and conducting primary electric current injection tests in AT and MAT panels of Energy Transmission and Distribution Substations. All the activities developed during the internship meant huge knowledge for the professional development of the intern; such as he had the opportunity of meeting not only the theory, but also the true substation building.

Keywords: Internship, Substation, Commissioning, Building.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pontos de Ligação do Equipamento de Ensaio	23
Figura 2 – Montagem para Ensaio da Relação de Transformação do TC	23
Figura 3 – Montagem para Ensaio do Kneepoint	24
Figura 4 – Montagem para Ensaio da Potência de Carga.....	24
Figura 5 – Montagem para Ensaio da Relação de Transformação do TP	25
Figura 6 – Montagem para Ensaio da Potência de Carga.....	25
Figura 7 – Caixa de Reagrupamento do TC	29
Figura 8 – Caixa de Reagrupamento do TP.....	36
Figura 9 – Montagem para o Ensaio de Curto-Circuito do Transformador	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Correspondências dos bornes de acordo com esquema	30
Tabela 2 – Dados de placa do TC	30
Tabela 3 – Medições na caixa de agrupamento dos TC's para relação de transformação	31
Tabela 4 – Medições na caixa de agrupamento dos TC's para curva de magnetização	32
Tabela 5 – Medições na caixa de agrupamento dos TC's para potências de carga	34
Tabela 6 – Dados de placa do TP	37
Tabela 7 – Medições na caixa de agrupamento dos TP's para relação de transformação	37
Tabela 8 – Medições na caixa de agrupamento dos TP's para potências de carga	39

SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract.....	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	x
Sumário.....	xi
1 Introdução	12
2 Apresentação da Empresa	13
3 O Estágio	15
4 Fundamentação Teórica.....	16
4.1 Descrição Geral de uma Subestação	16
4.2 Classificação das Subestações	16
4.2.1 Quanto a sua Função no Sistema	16
4.2.2 Quanto ao seu tipo de Instalação	17
4.3 Principais Equipamentos de uma Subestação	17
4.3.1 Equipamentos de Transformação	17
4.3.2 Equipamentos de Manobra	18
5 Atividades Desenvolvidas	19
5.1 Ensaios de Corrente Alternada nos Primários de TC's e TP's	19
5.1.1 Medidas de Prevenção e Segurança.....	19
5.1.2 Equipamentos de Ensaio	20
5.1.3 Condições de Ensaio	20
5.1.4 Procedimento Geral de Ensaio.....	21
5.1.5 Esquemas de Montagem de Ligações.....	22
5.1.6 Esquemas de Ligações para ensaios do TC	23
5.1.7 Esquemas de Ligações para Ensaios do TP	25
5.1.8 Execução.....	26
5.1.9 Exemplo	28
6 Conclusão	42
7 Bibliografia	43

1 INTRODUÇÃO

Este relatório de estágio integrado tem como objetivo descrever, de forma sucinta, as atividades desenvolvidas, bem como as experiências e os aprendizados adquiridos durante o período de trabalho na Sisint.

Um dos ramos que mais cresce na Engenharia Elétrica de Potência é a **Proteção e Controle**. A eficiência e velocidade da Proteção e Controle têm sido substancialmente elevadas graças aos Equipamentos Digitais Inteligentes (EDI), que devem atuar para que as faltas sejam rapidamente isoladas e que o sistema seja minimamente afetado.

Os EDIs mais importantes aos sistemas de potência são os relés de proteção e as unidades de controle. Em conjunto, protegem não somente contra faltas naturais como também contra erros humanos. De uma maneira similar, o EDI deve garantir controle seguro e confiável incluindo intertravamento, religamento eficiente e manuseio de informações sempre com o intuito de minimizar o efeito de uma perturbação. Proteção duplicada, retaguarda local ou remota pode ser utilizadas para melhorar a confiabilidade.

Assim como os relés de proteção, todos os equipamentos de uma subestação, necessitam passar por um comissionamento, inclusive os TC's e TP's. Comissionamento é o processo de assegurar que os sistemas e componentes de uma edificação ou unidade industrial estejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e requisitos operacionais do proprietário. O comissionamento pode ser aplicado tanto a novos empreendimentos quanto a unidades e sistemas existentes em processo de expansão, modernização ou ajuste.

Na prática, o processo de comissionamento consiste na aplicação integrada de um conjunto de técnicas e procedimentos de engenharia para verificar, inspecionar e testar cada componente físico do empreendimento, desde os individuais, como peças, instrumentos e equipamentos, até os mais complexos, como módulos, subsistemas e sistemas.

2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A SISINT, Lda. é uma empresa de engenharia dedicada ao fornecimento de soluções integradas para a gestão, manutenção e supervisão de infraestruturas técnicas. A companhia foi fundada em 2003 e é detida em 60% pelo Grupo Jayme da Costa estando os restantes 40% distribuídos por 3 Quadros da Empresa.

A SISINT tem a sua sede localizada em Grijó, a 15 km a sul do Porto, com 600 m² de escritórios, armazém e salas de ensaio.

Liderança no projeto, montagem e comissionamento de sistemas de Automação e Controlo, instalação, conservação e manutenção de Instalações Eléctricas de Alta, Média e Baixa tensão, projeto, montagem e comissionamento de Sistemas de Domótica e Multimídia pela inovação, competitividade, serviço, qualidade e respeito pelo ambiente e segurança.

Uma das principais áreas de atividade da empresa é a prestação de serviços de engenharia, projeto e consultoria nos domínios da energia, transportes e instalações técnicas de grandes edifícios.

A estrutura técnica da empresa é constituída por um grupo de profissionais de engenharia altamente especializados e treinados, dispondo ainda de meios próprios de ensaio que permitem a realização de tarefas muito específicas no domínio do comissionamento e colocações em serviço de instalações de produção, transporte e distribuição de energia.

Desenvolvendo a sua atividade a partir da base instalada em Portugal, a **SISINT** está presente também no Oriente (Macau e Hong Kong) e na América do Sul (Brasil).

Na área de Eletrotécnica, a SISINT possui as seguintes competências:

- **Projetos e Serviços:** uma das mais importantes das atividades da **SISINT** consiste no projeto, montagem e comissionamento de Sistemas de Comando e Proteção para os sectores da Distribuição e Transporte de Energia. A Equipa da **SISINT** é constituída por um grupo de técnicos com larga experiência no sector e está dotada com as ferramentas do software (CAD) e do equipamento de teste (o conjunto de teste da OMICRON) requeridos para realizar as tarefas quer de projeto quer de comissionamento “on-site”

dos sistemas de comando e proteção de diferentes fabricantes, nomeadamente Siemens, ABB e Areva.

- **Construção e remodelação de Subestações:** a SISINT está dotada dos meios humanos e materiais para a realização de empreitadas de ampliação e remodelação de Subestações de Distribuição e Transporte de Energia até 400 kV.
- **Manutenção de aparelhagem eléctrica até 400 kV:** a SISINT dispõe de equipas especializadas na realização de trabalhos de manutenção em aparelhagem de Alta Tensão até aos 400 kV. No âmbito desta atividade a Sisint tem com a REN um programa plurianual de manutenção de Subestações de Transporte de Energia.
- **Instalações técnicas especiais:** de modo a diversificar a sua área de intervenção, a Sisint criou um departamento para a área das Instalações Eléctricas de Baixa e Media Tensão. Esta nova aposta tem como objetivo proporcionar aos nossos clientes um conjunto de soluções e serviços ainda mais alargado. Este departamento enquadra-se na política da empresa de ser constituída por quadros técnicos especializados com bastante experiência no mercado e elevado know-how.

3 O ESTÁGIO

O estágio integrado, cuja duração foi de 24 de Julho a 31 de Dezembro de 2013, com carga horária de 40 horas semanais, pode ser dividido basicamente em três etapas:

1. Ensaios de corrente alternada nos primários dos TC's e TP's

No capítulo 5, é dada uma explicação detalhada e completa de cada passo realizado nesta etapa. Nela, são verificadas todas as ligações e funcionamentos dos Transformadores de Corrente e de Potencial de diversas subestações por todo o perímetro do país de Portugal. Por ter sido a principal e mais frequente atividade realizada pelo estagiário, foi a atividade escolhida para foco deste relatório.

2. Projetos

Desenvolvimento de projetos dos sistemas de proteção e controle de diversas subestações de transporte e distribuição de energia, bem como de parques eólicos.

Nesta etapa, realizada em escritório, eram definidas e aplicadas a metodologia para execução de projetos de sistemas de comando e proteções das subestações.

3. Pré-comissionamento dos armários dos sistemas de Comando e Proteção.

Pretende-se com estes ensaios assegurar que os armários de SCP foram montados e eletrificados de acordo com o projeto elétrico/mecânico.

Indicam-se uma série de procedimentos que deverão ser executados e registrados nos protocolos de ensaios elétricos específicos do armário em questão.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico é apresentada uma breve teoria sobre as subestações, sendo elas de qualquer tipo: Transformadora, Seccionadora, Externa ou Interna.

4.1 DESCRIÇÃO GERAL DE UMA SUBESTAÇÃO

Uma subestação (SE) é um conjunto de equipamentos de manobra e/ou transformação e ainda eventualmente de compensação de reativos usado para dirigir o fluxo de energia em sistemas de potência e possibilitar a sua diversificação através de rotas alternativas, possuindo dispositivos de proteção capazes de detectar os diferentes tipos de faltas que ocorrem no sistema e de isolar os trechos onde estas faltas ocorrem.

Existem diversos tipos de subestação e sua classificação pode ser realizada conforme sua função, seu nível de tensão, seu tipo de instalação e sua forma de operação.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DAS SUBESTAÇÕES

4.2.1 QUANTO À SUA FUNÇÃO NO SISTEMA

a) Subestação Transformadora:

Subestação Transformadora é aquela que converte a tensão de suprimento para um nível diferente, maior ou menor, sendo designada, respectivamente, SE transformadora elevadora e SE transformadora abaixadora.

Geralmente, uma subestação transformadora próxima aos centros de geração é uma SE elevadora (elevam a tensão para níveis de transmissão e subtransmissão proporcionando um transporte econômico da energia). Subestações no final de um sistema de transmissão, próximas aos centros de carga, ou de suprimento a uma indústria é uma SE transformadora abaixadora (diminuem os níveis de tensão evitando

inconvenientes para a população como rádio-interferência, campos magnéticos intensos e faixas de passagem muito largas).

b) Subestação Seccionadora, de Manobra ou de Chaveamento

Subestação Seccionadora é aquela que interliga circuitos de suprimento sob o mesmo nível de tensão, possibilitando a sua multiplicação. É também adotada para possibilitar o seccionamento de circuitos, permitindo sua energização em trechos sucessivos de menor comprimento.

4.2.2 QUANTO AO SEU TIPO DE INSTALAÇÃO

a) Subestação Externa ou Ao Tempo:

Subestações Externas ou ao Tempo são construídas em locais amplos ao ar livre e requerem emprego de aparelhos e máquinas próprias para funcionamento em condições atmosféricas adversas (chuva, vento, poluição, etc.).

b) Subestação Interna ou Abrigada:

Subestações Internas ou Abridadas são aquelas em que os equipamentos são instalados ao abrigo do tempo, podendo tal abrigo consistir de uma edificação e de uma câmara subterrânea.

Subestações abrigadas podem consistir de cubículos metálicos, além de subestações isoladas a gás, tal como o hexafluoreto de enxofre (SF₆).

4.3 PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO

4.3.1 EQUIPAMENTOS DE TRANSFORMAÇÃO

a) Transformadores de Força

Sem os transformadores de força seria praticamente impossível o aproveitamento econômico da energia elétrica, pois a partir deles foi possível a transmissão em tensões cada vez mais altas, possibilitando grandes economias nas linhas de transmissão em trechos cada vez mais longos.

b) Transformadores de Instrumentos (transformadores de corrente e transformadores de potencial)

Já os transformadores de instrumentos (TC's e TP's) têm a finalidade de reduzir a corrente ou a tensão respectivamente a níveis compatíveis com os valores de suprimento de relés e medidores.

4.3.2 EQUIPAMENTOS DE MANOBRA

a) Disjuntores

Os Disjuntores são os mais eficientes e mais complexos aparelhos de manobra em uso de redes elétricas, destinados à operação em carga, podendo sua operação ser manual ou automática.

b) Chaves Seccionadoras

Chaves Seccionadoras são dispositivos destinados a isolar equipamentos ou zonas de barramento, ou ainda, trechos de linhas de transmissão. Somente podem ser operadas sem carga, muito embora possam ser operadas sob tensão.

5 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Neste tópico são descritas sucintamente as atividades desenvolvidas durante o período de estágio. Apenas os ensaios de corrente alternada nos primários dos transformadores foram detalhados, pois era a principal e mais frequente atividade realizada pelo estagiário.

5.1 ENSAIOS DE CORRENTE ALTERNADA NOS PRIMÁRIOS DE TC'S E TP'S

Neste tópico são apresentadas com detalhes, como era realizada a principal atividade durante o período do estágio. Será definida a metodologia de ensaios de comissionamento dos circuitos de corrente alternada nos transformadores de corrente e transformadores de potencial.

Pretende-se com estes ensaios, assegurar a continuidade dos circuitos de corrente e tensão e dos núcleos de medida e proteção, a correta correspondência fase a fase e a orientação dos circuitos para efeito das funções de proteção direcionais.

Indicam-se uma série de procedimentos que devem ser executados e registrados nos protocolos específicos da obra em questão.

5.1.1 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E SEGURANÇA

A utilização de equipamentos de segurança é obrigatória. Nesta actividade os EPI a utilizar são os seguintes:

- Capacete;
- Botas;
- Colete reflector identificador;
- Luvas;
- Óculos de Proteção (Caso exigido);
- Arnês.

Os equipamentos de Proteção Coletiva, EPC, a levar para obra são:

- Fita Isoladora (Correntes).

Deve ser respeitada a política de segurança e ambiente vigente na obra em questão.

É responsabilidade da SISINT efetuar a verificação visual das ligações nas caixas de terminais dos transformadores de medida, no entanto, abrir e fechar as caixas, assim como colocar as garras de ensaio, montagem de escadas ou andaimes são da responsabilidade do Instalador Elétrico em obra.

5.1.2 EQUIPAMENTOS DE ENSAIO

Para os ensaios, deverão ser utilizados os seguintes equipamentos:

- Mala de ensaios OMICRON CPC 100;
- Multímetro digital;
- Placas sinalizadoras de perigo;
- Cabos de corrente e de tensão;

5.1.3 CONDIÇÕES DE ENSAIO

É necessário a atenção aos seguintes fatores antes do início da realização dos ensaios:

1. Identificar claramente qual ou quais os painéis a ensaiar. A identificação deve ser inequívoca, para que não exista o risco de se começar trabalhos em painéis em tensão.
2. Identificar claramente os TC's e TP's.
3. Será absolutamente necessário assegurar que o painel em ensaio está fora de serviço com todas as condições de segurança asseguradas. Esta verificação deverá ser feita através de uma inspeção visual rigorosa. Verificar que os TC's e TP's se encontram isolados e prontos para ser ensaiados, seccionadores desligados e bloqueados, estendidos dos TP's retirados e fixados, disjuntores abertos e bloqueados.
4. Será necessário que toda a eletrificação dos transformadores para instrumentos esteja concluída, na relação de transformação final.
5. Não deverá haver condições de intempérie.
6. Os ensaios de tensão não podem ser realizados com condições de chuva.

7. Deverá estar presente a entidade responsável pelo comissionamento do SCCP.
8. Deverão estar disponíveis os esquemas das caixas e ligações nos armários.
9. Delimitar e sinalizar a zona de ensaio para que esta fique isolada a alguém não qualificado.
10. Proteger sempre a mala Omicron CPC100 de apanhar chuva.

5.1.4 PROCEDIMENTO GERAL DE ENSAIO

Em cada um dos ensaios deverão ser executadas as medidas na fase em ensaio, verificando que a medida tem o valor esperado, e também nas fases que não estão sendo alvo de ensaio, verificando que não existem medidas anômalas no restante circuito. Todos os valores medidos devem ser registados nos campos adequados do protocolo em questão.

Falar com o cliente de forma a saber especificamente qual a corrente e tensão nominal dos equipamentos a ensaiar. Além disso devem ser identificadas a relação de transformação e índice horário.

A verificação do circuito de corrente deverá ser executada aplicando 10% da corrente nominal primária do TC em ensaio.

Por exemplo, com uma corrente nominal primária $I_n = 1000A$, a corrente a aplicar durante o ensaio deveria ser $I_{ensaio} = 100A$.

A verificação do circuito de tensões deverá ser executada aplicando um valor de tensão não superior a 2000V e procurando que o valor no secundário seja de base decimal.

Por exemplo, com uma tensão nominal primária $U_n = 60000/\sqrt{3}V$ e a relação de transformação $60000/\sqrt{3} \leftrightarrow 100\sqrt{3}$, a tensão a aplicar durante o ensaio poderá ser $U_{ensaio} = 600/\sqrt{3}V$, obtendo no secundário 1 V ou $U_{ensaio} = 1200/\sqrt{3}V$, obtendo no secundário 2 V.

Ponto A – A verificação das ligações da caixa de reagrupamento à caixa dos transformadores de medida, é feita abrindo todos os bornes na caixa de reagrupamento, isolando os transformadores de medida, e curto-circuitando os terminais da caixa de terminais do TC, observando na caixa de reagrupamento e por medição nos bornes

correspondentes ao núcleo ‘shuntado’, a diminuição dos valores de impedância do circuito referente a esse núcleo.

A verificação da correta correspondência dos núcleos do TC com os diferentes circuitos será feita curto-circuitando os bornes correspondentes na caixa de ligações do secundário do TC, e verificando o desaparecimento da corrente na fase e no neutro do restante circuito, em todos os pontos de ligação existentes (caixa de agrupamento, bases ENTRELEC de ensaio,...).

Quanto aos circuitos de corrente, deverá ser verificado a continuidade destes a jusante da caixa de reagrupamento, observando os valores de impedância em cada um dos circuitos.

Ponto B – A verificação da correta correspondência dos núcleos do TP com os diferentes circuitos será feita interrompendo o circuito no terminal ativo na caixa de ligações do secundário do TP, e verificando o aumento dos valores de impedância no circuito referente a esse núcleo.

É feita também uma verificação às interligações da própria caixa, ou seja, abrem-se todos os bornes, desligam-se os disjuntores, retiram-se os relés e é feita uma verificação a todas as ligações.

Quanto aos circuitos de tensão, deverá ser verificado a não existência de curto-circuito a jusante da caixa de reagrupamento, observando os valores de impedância em cada um dos circuitos.

Deverão ser anexados ao protocolo os esquemas eléctricos das caixas de agrupamento (sempre que possível).

Os registos da mala de ensaios CPC100 deverão ser armazenados na pasta de obra juntamente com o registo de inspeção e ensaios. Os registos da mala deverão ser retirados da mala e guardados mensalmente.

5.1.5 ESQUEMAS DE MONTAGEM DE LIGAÇÕES

A injeção, no caso dos TC’s, deve ser feita com a orientação para o objeto a proteger (a linha, transformador, ...). Usualmente é feita de P1 para P2, visto que P2 se encontra orientado para o objeto a proteger.

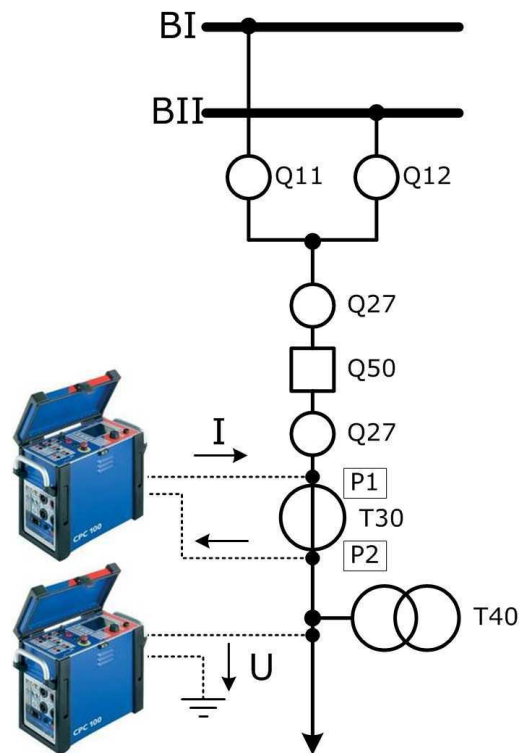


Figura 1 – Pontos de Ligação do Equipamento de Ensaio.

5.1.6 ESQUEMAS DE LIGAÇÕES PARA ENSAIOS DO TC

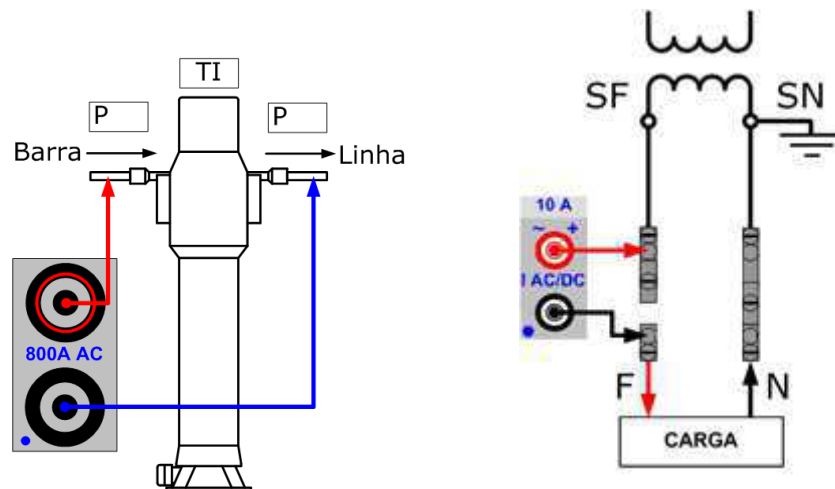


Figura 2 – Montagem para Ensaio da Relação de Transformação do TC

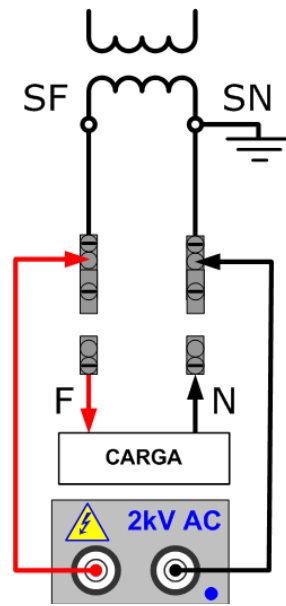


Figura 3 – Montagem para Ensaio do Kneepoint

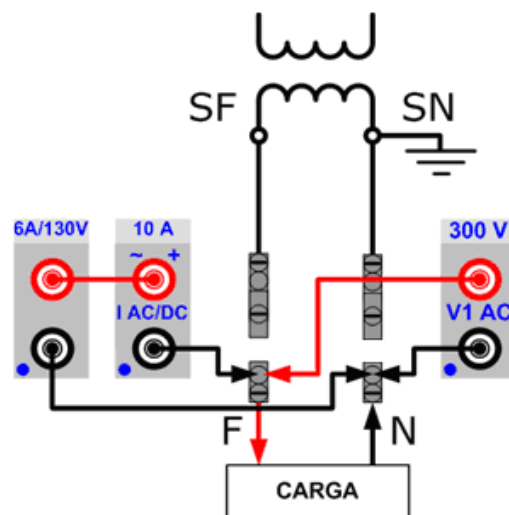


Figura 4 – Montagem para Ensaio da Potência de Carga

5.1.7 ESQUEMAS DE LIGAÇÕES PARA ENSAIOS DO TP

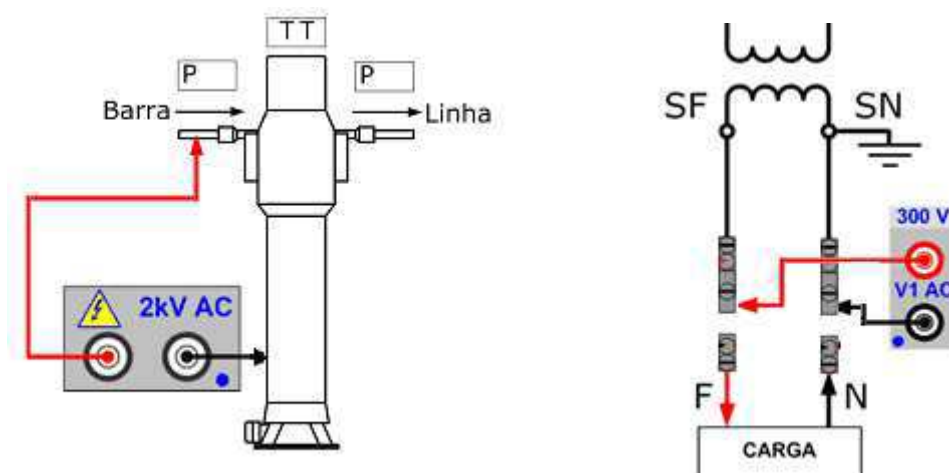


Figura 5 – Montagem para Ensaio da Relação de Transformação do TP

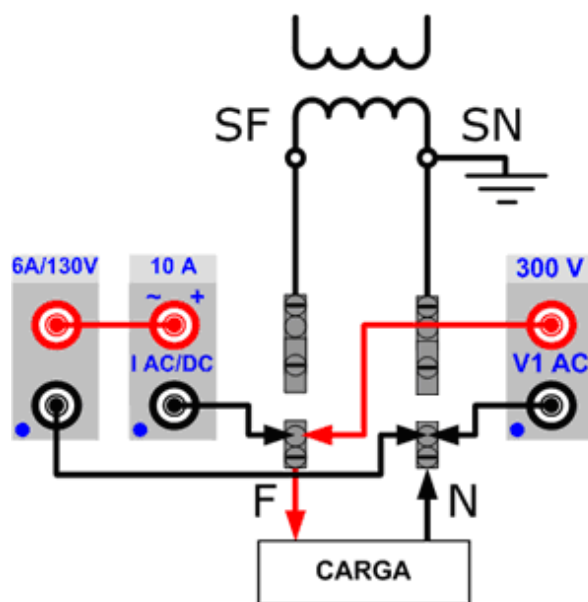


Figura 6 – Montagem para Ensaio da Potência de Carga

5.1.8 EXECUÇÃO

1. Verificar as medidas de ambiente e segurança
2. Garantir as condições de ensaio
3. Obter autorização de trabalhos onde se identifica a área de ensaios
 - a) Proceder ao pedido de autorização ao responsável pela obra, pela parte da Siemens por exemplo, ou por parte do cliente final, esse pedido também deve ser feito aos responsáveis pela segurança.
 - b) Abrir o boletim de trabalhos (se aplicável).
4. Verificações prévias:
 - a) Verificar que todos os cabos estão ligados, identificados e corretamente apertados: na caixa de terminais, na caixa de reagrupamento e nos armários de destino.
 - b) Verificar a existência de esquemas de ligações atualizados da caixa de agrupamento.
 - c) Verificar que todos os bornes da caixa de agrupamento estão corretamente identificados
 - d) Verificar as ligações à terra dos terminais dos TC's e TP's na respectiva caixa de terminais. Nos TC's o terminal de terra tanto pode ser 'S1' ou 'S2', efetuar essa verificação através do esquema. Nos TP's o terminal à terra será o 'N'.
 - e) Verificar que as terras nas caixas dos transformadores correspondem às terras nas caixas de reagrupamento.
 - f) Verificar que todos os pontos de neutro da caixa de reagrupamento, incluindo a própria caixa, estão ligados à terra da subestação.
 - g) Verificar que todos os circuitos estão corretamente terminados – correntes fechadas e tensões abertas.
 - h) Verificar que todos os equipamentos de medida e proteção estão ligados ao respectivo circuito.
 - i) No caso dos circuitos de corrente, verificar que quando as corrediças estão abertas ficam posicionadas na parte superior do borne, e que quando caem fecham os circuitos de corrente – esta será a prática correcta, mas nem sempre se verificar isto em obra, caso ocorra este

problema ele deve ser reportado no protocolo, mas os ensaios continuam.

5. Verificar que os pontos de teste indicados no protocolo estão de acordo com os esquemas das caixas de reagrupamento e com os esquemas dos painéis do SCCP.
6. Fazer o registo do equipamento no protocolo em questão (TC/TP; nível de tensão; marca/ modelo; relação de transformação usada; numero de núcleos; etc)
7. Execução dos ensaios de acordo com o protocolo. Deve-se ter em atenção que por norma, as verificações finais (ponto seguinte – 8) são efectuadas antes de se realizarem os ensaios finais dos protocolos, os pontos de medida e a verificação das orientações.
8. Verificações finais:
 - a) Verificar que todos os bornes com corrediça estão fechados e as corrediças estão devidamente apertadas, isto para os circuitos que estão a ser utilizados.
 - b) Todos os circuitos de corrente para o exterior da caixa de agrupamento estão dotados de shunts amovíveis, caso isto não se verifique fazer uma ressalva em protocolo.
 - c) Verificar que todos os circuitos de corrente que não são utilizados estão curto-circuitados e abertos.
 - d) Verificar que todos os circuitos de corrente que são utilizados não estão curto-circuitados.
 - e) No caso dos circuitos de corrente, verificar a existência de bloqueadores das corrediças nos bornes de ligação dos neutros à terra.
 - I. Nas instalações de disjuntor e meio, existem três grupos de TC's, o T31 mais próximo do barramento 1, T32 mais próximo do barramento 2 e o T33 que é o grupo de TC's central.
 - II. O bloqueador de neutro nestes casos é colocado sempre no T33, no núcleo que é usado em conjunto com os núcleos dos outros grupos. O borne bloqueado deve estar aberto.
 - III. Em instalações que não sejam de disjuntor e meio, a colocação dos bloqueadores de neutro deve-se reger pela prática usada na

instalação em questão, caso seja prática nessa instalação colocar bloqueadores, coloca-se sempre, caso não seja, não se coloca.

- f) Na caixa de terminais dos transformadores de medida, os terminais dos núcleos não utilizados estão shuntados (se aplicável).
 - g) Verificar que todos os disjuntores de protecção dos circuitos secundários dos transformadores de medida de tensão estão ligados.
9. Informar os responsáveis da obra sobre o final do processo de ensaios.
- a) Fechar o boletim trabalhos (se aplicável).
10. Fechar área de trabalho.

5.1.9 EXEMPLO

Pretende-se neste ponto exemplificar os valores usuais existentes/esperados nestes ensaios. Assim como exemplificar a forma e seguimento de um protocolo de ensaios. O seguinte exemplo foi realizado na subestação SE Castelo Branco.

1. Transformador de Corrente – TC

Para uma melhor análise, pode-se observar um esquema de uma caixa de reagrupamento de um transformador de corrente na Figura 7.

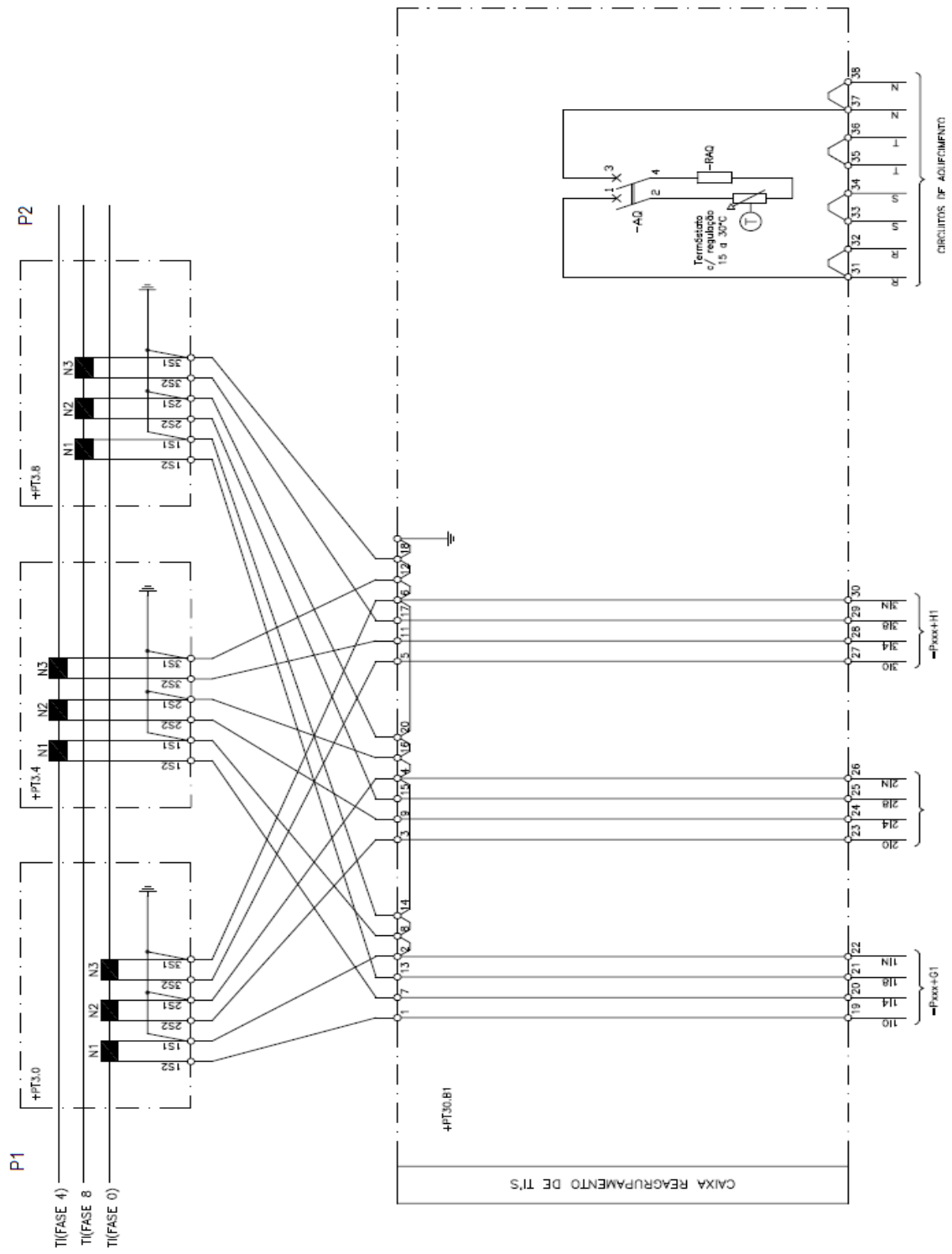


Figura 7 – Caixa de Regrupamento do TC

Ensaio

a) Ligação dos Núcleos

Este ensaio inicial consiste em verificar que os núcleos do transformador de medida estão corretamente ligados na caixa de agrupamento. Proceder conforme o que está descrito no ponto 5.2.5, ponto A.

b) Relação de Transformação

Para este ensaio, pode-se fazer uma análise ao esquema da Figura 7, onde é possível verificar que os bornes da caixa de reagrupamento a utilizar para a medição de valores secundários através da mala são:

Tabela 1 – Correspondências dos bornes de acordo com esquema

Fase 0			Fase 4			Fase 8		
Núcleo 1	Núcleo 2	Núcleo 3	Núcleo 1	Núcleo 2	Núcleo 3	Núcleo 1	Núcleo 2	Núcleo 3
X: 19	X: 23	X: 27	X: 20	X: 24	X: 28	X: 21	X: 25	X: 29

Os dados de placa do respectivo transformador são:

Tabela 2 – Dados de placa do TC

Núcleo	Relação de Transformação	Classe de Precisão / FS	Potência (VA)	Utilização
1	1500/1	0,2 (FS 5)	30	Contagem + Medida
2	1500/1	5P20	30	Proteção SP1
3	1500/1	5P20	30	Proteção SP2+SP3

Por análise do quadro pode-se verificar que a corrente nominal para este TC é $I_n = 1500A$, pelo que a corrente a aplicar durante o ensaio deverá ser $I_{ensaio} = 150A$. Utilizando a montagem descrita em 5.2.7, e tendo em consideração que o sentido de injeção primário é de P1 para P2, os resultados esperados podem ser os expostos em seguida.

P1 e P2 são referências dos terminais do transformador de medida. Usualmente são indicações encastradas nos próprios.

Tabela 3 – Medições na caixa de agrupamento dos TC's para relação de transformação

Fase em Ensaio	0		
Valor Primário Injetado (10% I_{Np})	150		
Relação de Transformação Esperada:	1500:1		
	Medida na fase:		
Circuito / Borne de Medida F0,N	Is [mA]	< Ip,Is [°]	Erro Rt [%]
N1 – Medida / X: 19	100,3	-0,08	0,27
N1 – Relação de Transformação – Ip:Is [A]	1500	:	1,003
N2 – Proteção SP1 / X: 23	100,3	-0,08	0,34
N2 – Relação de Transformação – Ip:Is [A]	1500	:	1,003
N3 – Proteções SP2+SP3 / X: 27	100,4	-0,08	0,34
N3 – Relação de Transformação – Ip:Is [A]	1500	:	1,004
Fase em Ensaio	4		
Valor Primário Injetado (10% I_{Np})	150		
Relação de Transformação Esperada:	1500:1		
	Medida na fase:		
Circuito / Borne de Medida F4,N	Is [mA]	< Ip,Is [°]	Erro Rt [%]
N1 – Medida / X: 20	100,2	0,00	0,21
N1 – Relação de Transformação – Ip:Is [A]	1500	:	1,002
N2 – Proteção SP1 / X: 24	100,4	0,00	0,40
N2 – Relação de Transformação – Ip:Is [A]	1500	:	1,004
N3 – Proteções SP2+SP3 / X: 28	100,4	0,00	0,38
N3 – Relação de Transformação – Ip:Is [A]	1500	:	1,004
Fase em Ensaio	8		
Valor Primário Injetado (10% I_{Np})	150		
Relação de Transformação Esperada:	1500:1		
	Medida na fase:		
Circuito / Borne de Medida F8,N	Is [mA]	< Ip,Is [°]	Erro Rt [%]
N1 – Medida / X: 27	100,1	0,04	0,12
N1 – Relação de Transformação – Ip:Is [A]	1500	:	1,001
N2 – Proteção SP1 / X: 28	100,4	0,04	0,37
N2 – Relação de Transformação – Ip:Is [A]	1500	:	1,004
N3 – Proteções SP2+SP3 / X: 29	100,4	0,03	0,35
N3 – Relação de Transformação – Ip:Is [A]	1500	:	1,004

Pode-se concluir por análise dos resultados que os valores secundários são os esperados, e para a forma de injeção o ângulo de 0° está correto. O ângulo poderia ser inverso, ou seja 180° , caso a injeção primária de corrente seja feita de P2 para P1. O desfasamento para os valores do ângulo pode atingir $[\pm 0,5]$.

Os erros obtidos variam com as classes do núcleo em análise. Supondo:

- Núcleo de contagem (classe 0,2): o erro é admissível se compreendido no intervalo $[-0,3; 0,3]$ %;
- Núcleos das proteções (classe 0,5): o erro é admissível se compreendido no intervalo $[-0,7; 0,7]$ %.

Caso os valores do erro e ângulo sejam muito diferentes destes limites, deve-se rever o procedimento utilizado no ensaio, e na persistência do erro deve-se admitir a hipótese de existência de problemas com o equipamento ensaiado. No entanto caso os erros sejam superiores, deve-se fazer o registo dessa discrepância e alertar os responsáveis da obra.

c) Curvas de Magnetização (“kneepoint”) e medição da Resistência Interna dos Núcleos

O ensaio para a determinação das curvas de magnetização é realizado utilizando a montagem descrita no ponto 5.2.7. A mala traça uma curva de magnetização dos núcleos e determina os pontos de saturação (“kneepoint”).

A resistência interna do núcleo é medida diretamente com o multímetro.

Antes de iniciar o ensaio, é necessário proceder à desmagnetização dos núcleos, através de uma opção prevista na mala.

Neste ensaio é necessário ter em atenção que todos os núcleos dos transformadores de medida devem estar isolados dos respectivos circuitos secundários.

Tabela 4 – Medições na caixa de agrupamento dos TC’s para curva de magnetização

Fase em Ensaio	0		
	U knee [V]	I knee [mA]	R _{int} [Ω]
Circuito / Borne de Medida F0,N			
N1 – Medida / X: 1-2	64,060	2,226	5,7
N1 – Compatível com classe 0,2 ; FS=5	<input checked="" type="checkbox"/>		
N2 – Proteção SP1 / X: 3-4	1)	1)	6,0
N2 – Compatível com classe 5P20	<input checked="" type="checkbox"/>		
N3 – Proteções SP2+SP3 / X: 5-6	1)	1)	6,0

N3 – Compatível com classe 5P20	<input checked="" type="checkbox"/>		
Fase em Ensaio	4		
Circuito / Borne de Medida F4,N	U knee [V]	I knee [mA]	R _{int} [Ω]
N1 – Medida / X: 7-8	63,580	1,980	5,7
N1 – Compatível com classe 0,2 ; FS=5	<input checked="" type="checkbox"/>		
N2 – Proteção SP1 / X: 9-16	1)	1)	6,0
N2 – Compatível com classe 5P20	<input checked="" type="checkbox"/>		
N3 – Proteções SP2+SP3 / X: 11-12	1)	1)	6,0
N3 – Compatível com classe 5P20	<input checked="" type="checkbox"/>		
Fase em Ensaio	8		
Circuito / Borne de Medida F8,N	U knee [V]	I knee [mA]	R _{int} [Ω]
N1 – Medida / X: 13-14	65,100	2,480	5,6
N1 – Compatível com classe 0,2 ; FS=5	<input checked="" type="checkbox"/>		
N2 – Proteção SP1 / X: 15-20	1)	1)	6,0
N2 – Compatível com classe 5P20	<input checked="" type="checkbox"/>		
N3 – Proteções SP2+SP3 / X: 17-18	1)	1)	6,0
N3 – Compatível com classe 5P20	<input checked="" type="checkbox"/>		

1) Tensão limitada a 600V.

OBS.: Medições na caixa de agrupamento dos transformadores de medida com todos os núcleos isolados dos respectivos circuitos secundários.

A primeira conclusão a retirar é que, com as mesmas características para os núcleos, os valores da resistência interna são muito similares, caso isto não se verifique, desconfiar dos valores obtidos. Esta medição é feita com multímetro, com os bornes todos abertos, mas só se deve apontar o valor medido quando este tiver estabilizado. A gama de valores para esta resistência é:

- Núcleos de Medida e Contagem: [4 – 6] Ω ;
- Núcleos das protecções: [7 – 9] Ω .

Os valores de tensão podem ter uma variação acentuada, e podem ser registados valores, no núcleo de contagem, compreendidos entre [10 – 90] V.

Os valores de corrente podem variar entre [0 – 10] mA.

Pode-se concluir também que no núcleo 1 referente à contagem, a saturação ocorre mais cedo devido às suas características. Nos restantes núcleos a saturação

ocorreria acima dos 600V. Visto que o isolamento dos cabos da caixa de reagrupamento está preparado apenas para 750V, opta-se por injetar no máximo 600V, a nível protocolar, preenche-se essa particularidade, de forma a explicar os resultados de não saturação.

A nível de ensaio os núcleos de contagem e medida saturam sempre, já os núcleos de proteções não podem saturar devido à baixa tensão injetada. A saturação dos núcleos ocorre pela seguinte ordem: Contagem → Medida → Proteções.

d) Potências de Carga

As potências de carga são medidas com a corrente de carga igual à corrente nominal secundária dos transformadores. Neste caso, esse valor corresponde a 1 A. A forma de montagem deste ensaio encontra-se descrita no ponto 6.6.2.

Neste ensaio é necessário ter em atenção que todos os núcleos dos transformadores de medida devem estar isolados dos respectivos circuitos secundários.

Tabela 5 – Medições na caixa de agrupamento dos TC's para potências de carga

Fase em Ensaio	0	
Circuito / Borne de Medida F0,N	S (VA)	cos φ
N1 – Medida / X: 1-2	0,645	1,000
N2 – Proteção SP1 / X: 3-4	0,486	1,000
N3 – Proteções SP2+SP3 / X: 5-6	0,650	0,999
Fase em Ensaio	4	
Circuito / Borne de Medida F4,N	S (VA)	cos φ
N1 – Medida / X: 7-8	0,627	1,000
N2 – Proteção SP1 / X: 9-16	0,494	1,000
N3 – Proteções SP2+SP3 / X: 11-12	0,659	0,999
Fase em Ensaio	8	
Circuito / Borne de Medida F8,N	S (VA)	cos φ
N1 – Medida / X: 13-14	0,623	1,000
N2 – Proteção SP1 / X: 15-20	0,473	1,000
N3 – Proteções SP2+SP3 / X: 17-18	0,644	0,999

OBS.: Medições na caixa de agrupamento dos transformadores de medida (corrente de carga = 1A).

Os valores da potência de carga estão sujeitos ao caminho de cabos efetuado e à distância que os mesmos percorrem para chegar ao destino do lado secundário. É também um fator que afeta estes valores os equipamentos que fazem parte do seu circuito.

Quanto ao valor de $\cos \varphi \approx 1,00$.

Os valores para as potências de carga variam entre $[0 - 1]$ VA.

e) Circuitos Secundários – Pontos de Medida / Verificação das Orientações

Estes são dois pontos distintos do protocolo de ensaio, no entanto a sua verificação é feita nos mesmos pontos. Usualmente estes ensaios realizam-se em simultâneo.

Para a realização destes ensaios, é feita uma injeção primária da corrente de ensaio, neste caso, $I_{\text{ensaio}} = 150 \text{ A}$.

Os pontos de análise/ensaio devem ser preenchidos nos protocolos, e é necessário ter em atenção que só se podem utilizar os últimos esquemas da instalação para esse efeito.

Apesar da injeção ser feita fase a fase, a verificação deve ser efetuada sempre em todas as fases. Esta verificação, dos pontos de medida é feita utilizando o multímetro e uma pinça amperimétrica. A nuance deste ensaio prende-se com a necessidade de verificar que os pontos de medida estão inseridos no núcleo pretendido, isto é feito pela anulação do valor de medida, fazendo o shunt do núcleo em análise na caixa de agrupamento dos transformadores de medida. Os valores devem ser vistos com o multímetro em todos os pontos de circuito, e deve sempre ser feita a verificação da informação na própria proteção (caso Siemens – Menu – Measurement – Operation Secondary – e aí devem aparecer os valores secundários na fase onde se esteja a injetar).

Na verificação das orientações é preciso ter em atenção que é necessário estar injetando um sinal de corrente primário em forma de dente de serra. Este sinal pode ser usado para ambos os ensaios, visto que não altera os valores medidos no ensaio dos pontos de medida. Para utilizar este sinal em forma de dente de serra, existe uma ‘carta’ de ensaio na mala Omicron que permite utilizá-lo, com o nome ‘Pol Check’. De forma a verificar a orientação, utiliza-se um verificador de orientação CPOL, que tem um terminal para a fase e um terminal para o neutro, caso o sentido da corrente seja concordante (0°) é dada uma sinalização ‘verde’ (☺), caso seja invertida (180°) uma

sinalização ‘vermelha’ (⊕). Deve existir concordância entre este ensaio e o ensaio da relação de transformação.

2. Transformador de Potencial – TP

Para uma análise melhor, pode-se observar um esquema para uma caixa de reagrupamento de um transformador de potencial na figura 8.

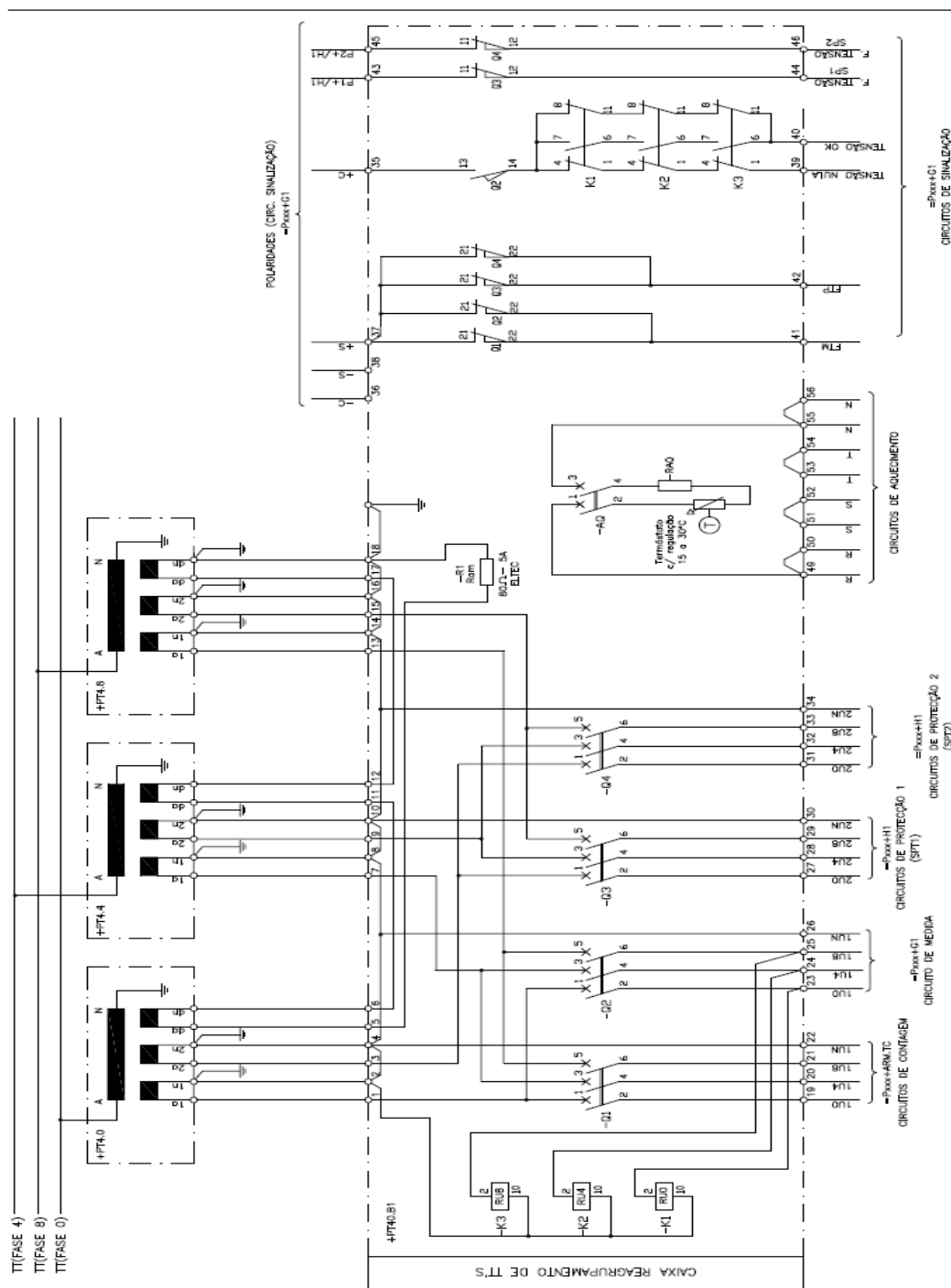


Figura 8 – Caixa de Reagrupamento do TP

a) Ligação dos Núcleos

Este ensaio inicial consiste em verificar que os núcleos do transformador de medida estão corretamente ligados na caixa de agrupamento. Proceder conforme o que está descrito no ponto 6.5, ponto B.

Nas verificações prévias é necessário ter em atenção que apenas uma das caixas de terminais dos transformadores de medida, tem um dos terminais do núcleo do triângulo aberto ligado à terra.

b) Relação de Transformação

Os valores apresentados dizem respeito a um caso específico, mas não são representativos, servem apenas o propósito de proporcionar um exemplo para análise.

Considera-se as características apresentadas em seguida do respectivo transformador.

Tabela 6 – Dados de placa do TP

Núcleo	Relação de Transformação	Classe de Precisão / FS	Potência (VA)	Utilização
1	$60/\sqrt{3} // 0,1/\sqrt{3}$	0,2	100	Contagem e Medida
2	$60/\sqrt{3} // 0,1/\sqrt{3}$	3P	100	Proteção SP1 e SP2
3	$60/\sqrt{3} // 0,1/3$	3P	60	Triângulo

Por análise do quadro anterior pode-se verificar que a tensão nominal para este TP é $U_n = 60000V$, neste caso opta-se pela injeção de um valor primário que permita no secundário obter um valor inteiro, então a tensão a injetar é $U_{ensaio} = 1200V$.

Utilizando a montagem descrita em 6.6.3, os resultados esperados para a relação de transformação podem ser os expostos em seguida.

Quando se procede à injeção de tensão numa fase, verificar que as restantes fases estão ligadas à terra.

Tabela 7 – Medições na caixa de agrupamento dos TP's para relação de transformação

Fase em Ensaio	0		
Valor Primário Injetado	1200		
Relação de Transformação Esperada:	1200 (fase) / 2079 (Δ)		
	Medida na fase:		
Circuito / Borne de Medida F0,N	U_s [V]	$< U_p, U_s$ [°]	Erro Rt [%]
N1 – Contagem+Medida / X: 19,22	2,0023	0,00	0,14
N1 – Relação de Transformação – $U_p:U_s$ [V]	$60000/\sqrt{3}$:	$100,14/\sqrt{3}$

N2 – Proteção / X: 27,30	2,002	-0,02	0,13
N2 – Relação de Transformação – Up:Us [V]	$60000/\sqrt{3}$:	$100,13/\sqrt{3}$
N3 – Triângulo / X: 5-6	1,1538	-0,03	-0,05
N3 – Relação de Transformação – Up:Us [V]	$60000/\sqrt{3}$:	$99,949/3$
Fase em Ensaio	4		
Valor Primário Injetado	1200		
Relação de Transformação Esperada:	1200 (fase) / 2079 (Δ)		
	Medida na fase:		
Circuito / Borne de Medida F4,N	Us [V]	< Up,Us [°]	Erro Rt [%]
N1 – Contagem+Medida / X: 20,22	2,0024	0,00	0,15
N1 – Relação de Transformação – Up:Us [V]	$60000/\sqrt{3}$:	$100,14/\sqrt{3}$
N2 – Proteção / X: 28,30	2,0023	0,00	0,14
N2 – Relação de Transformação – Up:Us [V]	$60000/\sqrt{3}$:	$100,14/\sqrt{3}$
N3 – Triângulo / X: 11-12	1,1539	-0,01	-0,04
N3 – Relação de Transformação – Up:Us [V]	$60000/\sqrt{3}$:	$99,957/3$
Fase em Ensaio	8		
Valor Primário Injetado	1200		
Relação de Transformação Esperada:	1200 (fase) / 2079 (Δ)		
	Medida na fase:		
Circuito / Borne de Medida F8,N	Us [V]	< Up,Us [°]	Erro Rt [%]
N1 – Contagem+Medida / X: 21,22	2,0026	0,00	0,14
N1 – Relação de Transformação – Up:Us [V]	$60000/\sqrt{3}$:	$100,13/\sqrt{3}$
N2 – Proteção / X: 29,30	2,0019	-0,03	0,12
N2 – Relação de Transformação – Up:Us [V]	$60000/\sqrt{3}$:	$100,12/\sqrt{3}$
N3 – Triângulo / X: 17-18	1,1539	-0,02	-0,07
N3 – Relação de Transformação – Up:Us [V]	$60000/\sqrt{3}$:	$99,935/3$

Pode-se concluir por análise dos resultados que os valores secundários são os esperados. O valor do ângulo é 0°, no entanto caso o ângulo fosse de 180° e atendendo à forma de montagem, isso poderia implicar um erro de ligações na caixa de reagrupamento.

Os erros aqui manifestados não são altos, sendo que para os núcleos da contagem, medidas e proteções é admissível erros a variar entre $[0 - 0,2]$ %. No caso do núcleo do triângulo pode-se admitir erros no intervalo de $[0 - 2]$ %. Caso os valores sejam superiores a isso deve-se rever o procedimento utilizado, na persistência do erro deve-se admitir a hipótese de existência de problemas com o equipamento ensaiado.

c) Potências de Carga

As potências de carga são medidas com a tensão de carga igual à tensão nominal secundária dos transformadores. Neste caso, esse valor corresponde a 57,74 V (fase); 100V (Δ). A forma de montagem deste ensaio encontra-se descrita no ponto 6.6.3.

Neste ensaio é necessário ter em atenção que todos os núcleos dos transformadores de medida devem estar isolados dos respectivos circuitos secundários.

Tabela 8 – Medições na caixa de agrupamento dos TP's para potências de carga

Fase em Ensaio	0	
Circuito / Borne de Medida F0,F4,F8,N	S (VA)	cos φ
N1 – Contagem + Medida / X: 19-22	7,2178	0,848
N2 – Proteção SP1+SP2 / X: 27-30	0,0487	0,609
N3 – Triângulo / X: 5-18		
Fase em Ensaio	4	
Circuito / Borne de Medida F0,F4,F8,N	S (VA)	cos φ
N1 – Contagem + Medida / X: 20-22	6,6078	0,823
N2 – Proteção SP1+SP2 / X: 28-30	0,0481	0,621
N3 – Triângulo / X: 5-18		
Fase em Ensaio	8	
Circuito / Borne de Medida F0,F4,F8,N	S (VA)	cos φ
N1 – Contagem + Medida / X: 21-22	7,0496	0,844
N2 – Proteção SP1+SP2 / X: 29-30	0,493	0,617
N3 – Triângulo / X: 5-18		

Para as potências de carga no núcleo de contagem e Medidas, obtemos os valores típicos compreendidos nos seguintes intervalos:

$$S = [0 - 10] \text{ VA};$$

$$\cos \varphi = [0,8 - 1].$$

Para as potências de carga no núcleo das proteções, obtemos os valores típicos compreendidos nos seguintes intervalos:

$$S = [0 - 1] \text{ VA};$$

$$\cos \varphi = [0,5 - 1].$$

É necessário ter atenção o valor do $\cos \varphi$, caso ele seja negativo – razões possíveis são uma mal ligação dos fios na mala de ensaio, desconfiar da existência de um circuito trocado.

Ter atenção a valores muito díspares entre fases, valores muito pequenos e muito elevados de carga, neste casos desconfiar dos resultados obtidos, e rever a forma de ensaio, caso o erro persista, pode existir um erro nas ligações, ou existir algum equipamento desligado (equipamento que esteja presente no circuito em análise).

d) Circuitos Secundários – Pontos de Medida / Verificação das Orientações

Estes são dois pontos distintos dos protocolos de ensaio, no entanto a sua verificação é feita nos mesmos pontos. Usualmente estes ensaios realizam-se em simultâneo.

Para a realização destes ensaios, é feita uma injeção primária de tensão de ensaio, neste caso, $U_{\text{ensaio}} = 1200 \text{ V}$.

Os pontos de análise/ensaio devem ser preenchidos nos protocolos, e é necessário ter em atenção que só se podem utilizar os últimos esquemas da instalação. Apesar da injeção ser feita fase a fase, a verificação deve ser efetuada sempre em todas as fases. A única nuance deste ensaio prende-se com a necessidade de verificar que os pontos de medida estão inseridos no núcleo pretendido. Isto é feito pela anulação do valor de medida, desligando o disjuntor do núcleo em análise na caixa de agrupamento dos transformadores de medida.

Na verificação das orientações é preciso ter em atenção que é necessário estar a injetar um sinal de tensão primário em forma de dente de serra.

Neste caso específico das tensões a concordância, medida com o ‘Polarity Check’, será sempre positiva. Um pormenor a ter em atenção neste ensaio é que se deve fazer sempre a verificação do núcleo do triângulo.

3. Ensaio de Curto-Circuito do Transformador

Este ensaio é efetuado para verificar a concordância de fases que chegam à proteção. O ensaio é realizado ligando as três fases do lado de alta tensão do transformador através de um cabo alimentado a 380 V. O lado de média tensão deverá

ter um shunt feito entre as três fases, com um cabo apropriado para esse efeito (secção elevada).

As verificações a seguir para este ensaio são as seguintes:

- Confirmar correta sequência de fases: (R, S, T) = (0; 4; 8);
- Disjuntor da chegada de média tensão aberto;
- Seccionador de linha aberto;
- Fazer o 'shunt' entre todas as fases do lado de média tensão (cabo de secção elevada);
- Verificar o índice horário do transformador de potência (chapa de características);
- Confirmar correto índice horário do transformador de potência na proteção;
- Alimentar o transformador de potência com 380 V e verificar que $I_{dif} \approx 0$.

Sendo uma instalação em que os transformadores de medida são embutidos no transformador de potência, este ensaio é a única forma de ensaiar esses transformadores de medida.

Um esquema de montagem deste ensaio pode ser visto no esquema da figura 9.

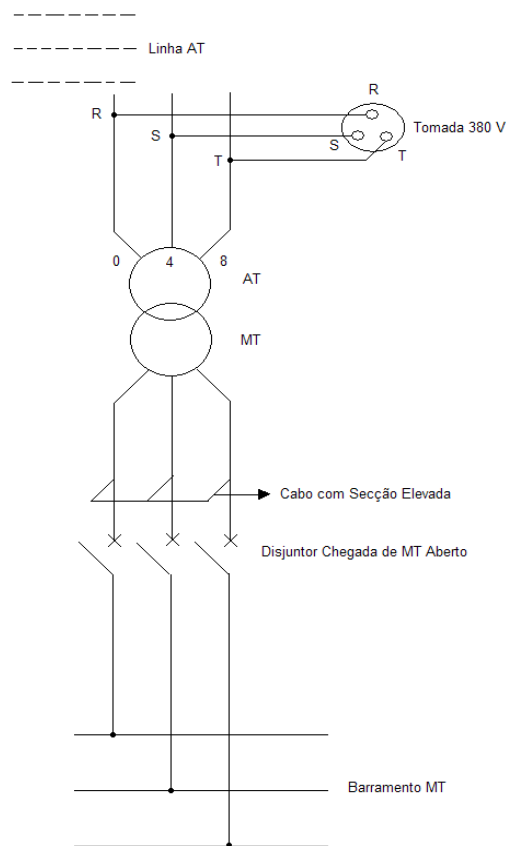


Figura 9 – Montagem para o Ensaio de Curto-Circuito do Transformador

6 CONCLUSÃO

Após os cinco meses de duração do estágio integrado, conclui-se que o período foi de extrema importância para a formação profissional e pessoal do aluno em questão. Não só pela experiência internacional, mas também pelo desenvolvimento de várias atividades em vários setores diferentes da Engenharia Elétrica. O aluno obteve êxito em seu trabalho, dedicando-se arduamente às atividades atribuídas por seus superiores.

O foco principal do estágio foram os ensaios de corrente alternada nos primários dos transformadores, dando embasamento para o comissionamento geral da subestação. Novos aspectos de formas de trabalho foram descobertos pelo aluno que não tinha experiência suficiente na área para dominar os trabalhos, mas esta experiência foi adquirida com determinação e aprendizado.

Hoje o aluno encontra-se apto à realização de ensaios para comissionamento de relés digitais de proteção bem como de transformadores de corrente e de potencial localizados em subestações.

7 BIBLIOGRAFIA

[1] ABB. Application Manual RED 670. ABB, S.I., 2007.

[2] Manual de Operações SISINT, Lda., 2013.

[3] FONSECA, Celso Suckow. Centro Federal de Educação Tecnológica, 1999.

[4] KINDERMANN, Geraldo. Proteção de Sistemas Elétricos de Potência, 2005.