



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GSE 29
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS – GSE

APLICAÇÃO DO EQUIPAMENTO HÍBRIDO DE ALTA TENSÃO “PASS” PARA SECCIONAMENTO E MANOBRA EM SUBESTAÇÕES MÓVEIS

Alexandre de Barros Arcon *

Celso Bertogna

Dewerson Vaz da Silva

ABB Ltda

ABB Ltda

ABB Ltda

RESUMO

O propósito do presente artigo é descrever, de maneira abrangente, um projeto real onde foram fornecidas seis subestações móveis (30/36 MVA, 115-34,5/13,8 kV) pela ABB para uma importante concessionária da Venezuela, todas elas contando com o equipamento híbrido de alta tensão para seccionamento e manobra denominado “PASS”, bem como mostrar as suas principais características técnicas e benefícios no uso.

PALAVRAS-CHAVE

Subestações, Subestações móveis, Equipamentos híbridos, PASS

1.0 - INTRODUÇÃO

Subestações móveis são aquelas em que os equipamentos elétricos destinados ao seccionamento, manobra, medição, proteção e transformação da tensão são montados em uma carreta móvel, permitindo o seu deslocamento para diferentes áreas onde as mesmas se façam necessárias. Foram desenvolvidas para possibilitar o atendimento a alguns requisitos não alcançados normalmente por subestações convencionais, tais como:

- Proporcionar uma rápida restauração do fornecimento de energia em casos de emergência;
- Antecipar a energização em obras prioritárias;
- Atender cargas sazonais;
- Garantir a continuidade do fornecimento em casos de manutenção preventiva.

Apesar de se tratar de solução conhecida e aplicada há muitos anos, principalmente para concessionárias de distribuição, mas também para indústrias, observa-se que ainda hoje existem algumas dificuldades características do projeto de subestações móveis, em particular:

- i. Obtenção de um projeto técnica e economicamente viável para o transformador. Fatores como potência, perdas e isolamento elétrico podem conduzir a um transformador de dimensões e/ou peso fora dos limites legais de trafegabilidade, que é função da legislação local onde a subestação irá transitar.
- ii. Dificuldades de obtenção de um projeto eletromecânico que contemple todos os equipamentos de manobra, seccionamento e medição em alta e média tensão, além do transformador, convenientemente distribuídos na carreta, de maneira que as suas dimensões máximas e as cargas resultantes nos eixos não sejam superadas. Esses limites também são função das restrições regulamentares de cada localidade.

Existem algumas variações possíveis na escolha e arranjo dos equipamentos em uma subestação móvel de alta tensão, mas basicamente todas elas contam com pára-raios, chave seccionadora (com ou sem lâmina de terra), transformadores de potencial (TP) e disjuntor no lado de alta tensão, à montante do transformador de força. Os transformadores de corrente (TC) normalmente são instalados nas buchas do transformador, sendo dispensados os TC's de pedestal convencionais. No lado de média tensão, têm-se normalmente os TC's, TP's, pára-raios e chaves seccionadoras, religadores ou disjuntores para as saídas em média tensão.

Com a utilização de chave seccionadora e disjuntor de alta tensão convencionais, cujo conjunto possui dimensões significativas, pode ocorrer uma superação do máximo comprimento que a carreta pode ter, ou até mesmo fazer com que o transformador tenha que ser deslocado, alterando o centro-de-massa do conjunto e, conseqüentemente, sobrecarregando um dos eixos. Exatamente nesse contexto principal, o equipamento híbrido de alta tensão "PASS" encontra grande aplicação em subestações móveis e representa efetivamente uma possibilidade na otimização técnico-econômica do projeto.

2.0 - O EQUIPAMENTO HÍBRIDO "PASS"

O módulo integrado de alta tensão denominado PASS (*Plug and Switch System*) é um equipamento híbrido aplicável nas tensões de 69 kV e 138 kV. É caracterizado pelo termo "híbrido" pelo fato de todas as partes vivas, excluindo-se as buchas, serem encapsuladas em um tanque de alumínio aterrado e preenchido com gás SF6 pressurizado, ou seja, é um equipamento que possui as características de GIS (*Gas Insulated Switchgear*) relativamente aos equipamentos de alta tensão, e de AIS (*Air Insulated Switchgear*) no que tange à conexão dos barramentos através das buchas aéreas. Desta maneira, possui índices de confiabilidade similares aos da GIS, exigindo muito menos manutenções preditivas, preventivas e corretivas do que os equipamentos convencionais AIS, conforme mostrado no próximo item.

2.1 CONFIABILIDADE DO MÓDULO PASS

A Tabela 1 mostra os dados de confiabilidade dos equipamentos convencionais (disjuntor e chave) usados para compor um bay convencional (incluindo a barra), bem como os valores relativos ao módulo PASS. A Tabela 2 mostra a comparação entre os índices de confiabilidade calculados para um bay de barra simples com equipamentos convencionais e um módulo PASS equivalente (não foram considerados outros componentes como TC's, TP's e pára-raios).

Tabela 1 – Índices de Confiabilidade do módulo PASS (barra simples)

Equipamento	Dados de entrada			
	λ (1/ano)	MTTR (h)	λ_M (1/ano)	MTTM (h)
Barramento 138 kV	0,0018	12	-----	-----
Disjuntor 138 kV	0,07	72	0,1667	10
Seccionadora 138 kV	0,0123	12	0,50	4
PASS M0 barra simples	$0,44 \cdot 10^{-6}$	11	0,05	10

Onde:

λ	Taxa de falhas;
MTTR	Mean Time to Repair (tempo médio de reparo);
λ_M	Taxa de manutenção (programada);
MTTM	Mean Time to Mantain (tempo médio de manutenção).

Tabela 2 – Comparação entre a confiabilidade do módulo PASS e o arranjo convencional

Configuração	Dados de saída						
	f (1/ano)	A' (h/ano)	f _M (1/ano)	A' _M (h/ano)	f _T (1/ano)	A' _T (h/ano)	MTBF (anos)
Bay convencional barra simples	0,0963	5,353	1,167	5,667	1,263	11,02	10,6
PASS M0 barra simples	0,0018	0,0216	0,05	0,5	0,0518	0,522	556

Onde:

f	Frequência de interrupção devido a falhas;
A'	Indisponibilidade devido a falhas;
f _M	Frequência de interrupção devido à manutenção (programada);
A' _M	Indisponibilidade devido à manutenção (programada);
f _T	Frequência de interrupção total;
A' _T	Indisponibilidade total;
MTBF	Mean Time Between Failure (tempo médio entre falhas) = 1/f.

2.2 CARACTERÍSTICAS DO MÓDULO PASS

O equipamento PASS pode conter as seguintes funções em um mesmo módulo:

- Conjunto de buchas aéreas para barra simples ou barra dupla;
- Disjuntor;
- Chaves seccionadoras (à montante e/ou à jusante do disjuntor), podendo ter a função de chave de terra simultaneamente;
- Conjunto de TC's de buchas.
- Conjunto de TP's (opcional);
- Conjunto de pára-raios (opcional).

A Figura 1 mostra o esquema unifilar de um bay de uma subestação convencional com barra dupla e o respectivo módulo PASS equivalente para as seis funções requeridas.

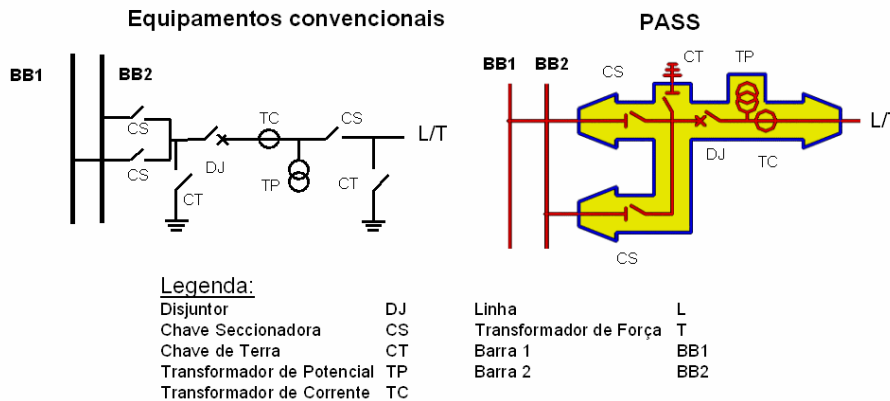


Figura 1 – Módulo PASS para barra dupla

À seguir uma breve descrição dos componentes do PASS.

- **Disjuntor:** do tipo LTB-D, a gás SF₆ com princípio de extinção “auto-sopro” (*self-blast*) e mecanismo de operação a mola (BLK-222), no qual a energia para interrupção da corrente é parcialmente fornecida pelo próprio arco, o que reduz em cerca de 50 % a energia requerida pelo mecanismo de operação quando comparado a um disjuntor de sopro convencional. Principais características: tensão nominal até 170 kV, corrente nominal até 2500 A e capacidade de interrupção até 40 kA.
- **Chave seccionadora (com chave de terra):** a chave possui acionamento tripolar, podendo conter a função de chave de terra no mesmo equipamento. A chave possui um exclusivo sistema de acionamento rotativo, tendo três posições: fechado, aberto e aterrado. Pode ser instalada tanto à montante quanto à jusante do disjuntor, ou seja, na direção da linha e/ou da barra. O PASS possui uma janela de inspeção no tanque, que permite visualizar claramente a posição física dos contatos das chaves, garantindo ao operador a certeza do estado de energização/aterramento do módulo.
- **Transformador de corrente:** do tipo janela, instalado nos canecos das buchas, que funcionam como enrolamento primário, estando os enrolamentos secundários encapsulados em resina. Pode ter até cinco enrolamentos destinados à medição / proteção, com diversas classes de exatidão.
- **Transformador de potencial:** do tipo indutivo, podendo possuir até dois enrolamentos para medição / proteção. Os TP's ficam totalmente imersos em SF₆, portanto possuem alta confiabilidade de operação.
- **Buchas:** consistem de um robusto cilindro interno de fibra de vidro impregnado com resina epóxi, com as

saías externas em material polimérico, o que confere às buchas uma série de vantagens quando comparadas às buchas tradicionais em porcelana, tais como alta segurança de operação (não explodem nem estilhaçam), baixo peso, excelente performance em ambientes poluídos e sujeitos a intempéries, e são livres de manutenção (propriedades hidrofóbicas). Possuem um sistema basculante que possibilita rotacionar as buchas, diminuindo as suas dimensões durante o transporte.

- Sistema de gás: cada pólo possui um compartimento individualizado de SF6, contando com um relé de densidade para monitorar o estado do gás e detectar quaisquer vazamentos. Possui também uma membrana metálica de ruptura que separa o gás da atmosfera, a qual, havendo uma sobrepressão que alcance a pressão de ajuste, é subitamente aberta, protegendo o equipamento contra rupturas no tanque.

3.0 - APLICAÇÃO DO PASS EM SUBESTAÇÕES MÓVEIS

Para verificar a aplicação do módulo PASS em subestações móveis, será analisado um caso real de seis subestações móveis fornecidas para a Cadafe, uma importante concessionária de eletricidade da Venezuela, que licitou e adquiriu as subestações da ABB em dezembro de 2004. Foram fornecidas duas subestações de 115-34,5 kV, 30/36 MVA, e quatro subestações de 115-13,8 kV, 30/36 MVA. Abaixo seguem o diagrama unifilar da subestação de 115-34,5 kV (idêntico ao unifilar da de 115-13,8 kV, salvo a tensão secundária) e as características dos principais equipamentos.

3.1 DIAGRAMA UNIFILAR DA SUBESTAÇÃO

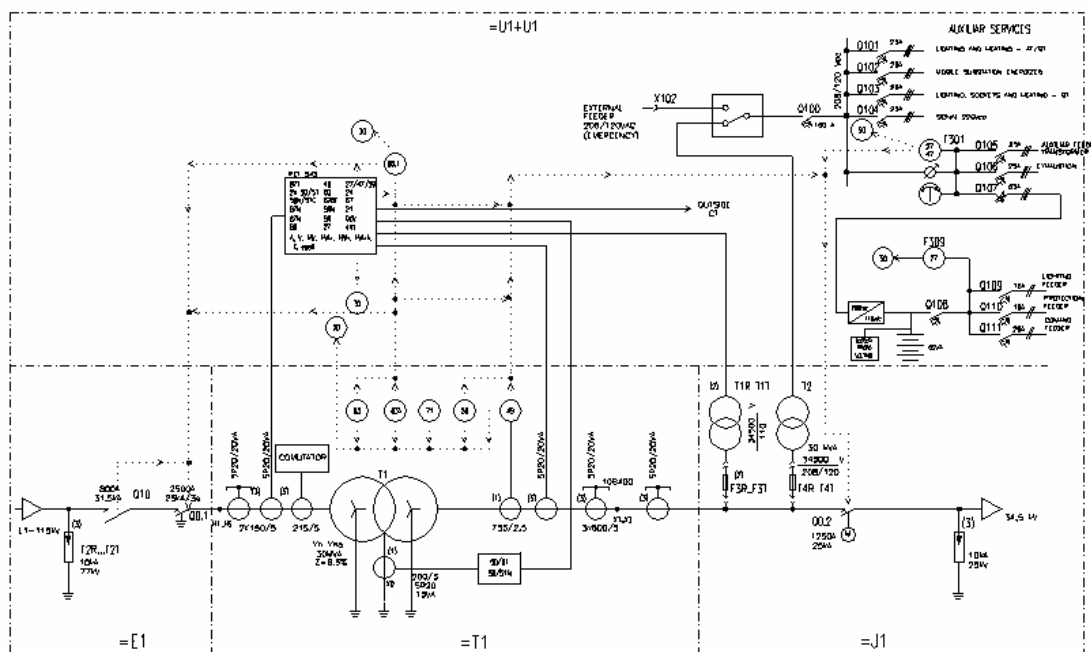


Figura 2 – Diagrama unifilar da SE móvel (115-34,5 kV)

3.2 CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO

Tipo	PASS M0 145 kV
Fabricante	ABB
Tensão nominal	115 kV
Corrente nominal	2000 A
Freqüência nominal	60 Hz
Capacidade de interrupção simétrica	25 kA
Nível Básico de Impulso (NBI)	650 kV
Ciclo de operação	0-0,3s-CO-15s-CO

Tipo	PÁRA-RAIOS PEXLIM Q096-XH123
Fabricante	ABB
Tensão nominal	96 kV
Freqüência nominal	60 Hz
Corrente nominal de descarga, onda 8 x 20 us	10 kA

3.3 CARACTERÍSTICAS DOS TRANSFORMADORES DE FORÇA

Foram fornecidos seis transformadores de força trifásicos para as seis subestações móveis, sendo dois de 115-34,5 kV e quatro de 115-13,8 kV. A potência nominal de cada unidade é de 30 / 36 MVA, grupo de ligação YNyn0, impedância de 10 % na base 30 MVA, e perdas totais limitadas em 135 kW. Esse limite fez com que o projeto do transformador fosse particularmente complexo, devido à necessidade de manter as suas dimensões dentro dos limites necessários para garantir a trafegabilidade da carreta.

A refrigeração é feita através de um conjunto composto por duas motobombas, dois trocadores de calor e dois motoventiladores. O sistema de resfriamento (OFAF dois estágios) é dimensionado de modo a permitir a operação contínua do transformador em 100 % da potência nominal, ou em 120 % com a operação dos dois sistemas de resfriamento, em qualquer relação de transformação, sem que sejam excedidos os valores limites de elevação de temperatura especificados. O sistema de resfriamento é projetado de modo a tornar possível operar o equipamento a 100 % da potência nominal com apenas um sistema de resfriamento, se qualquer um deles eventualmente apresentar problemas.

Adicionalmente, possuem comutador sob carga (taps de -15 a +5 %), TC's nas buchas primárias e secundárias destinados à proteção de corrente e diferencial, medição, proteção do comutador, imagem térmica e compensação de queda de tensão. As proteções do transformador, além do relé diferencial externo (função ANSI 87T), são as seguintes: Termômetro do Óleo (ITO - Função ANSI 26); Relé Buchholz (função ANSI 63T); Imagem térmica (função ANSI 49); Válvula de Segurança (função ANSI 80); Indicador de Fluxo de Óleo (função ANSI 71).

3.4 CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS DE MÉDIA TENSÃO

Tipo	PÁRA-RAIOS MWK 12	PÁRA-RAIOS MWK 25
Fabricante	ABB	ABB
Tensão nominal	12 kV	25 kV
Corrente nominal de descarga, 8 x 20 us	10 kA	10 kA
Frequência nominal	60 Hz	60 Hz
Tipo	TP VFE-15	TP VKE-36
Fabricante	Areva	Areva
Tensão primária nominal	13.800 / $\sqrt{3}$ V	34.500 / $\sqrt{3}$ V
Tensão secundária nominal	110 - 110 / $\sqrt{3}$ V	110 - 110 / $\sqrt{3}$ V
Relação de transformação	72,43 : 1 / 125,45 : 1	181,08 : 1 / 313,63 : 1
Classe de exatidão e carga nominal	60 VA CL.0,5	60 VA CL.0,5
Potencia térmica	500 VA	500 VA
Tipo	FUSÍVEL UKD-6	FUSÍVEL UKD-9
Fabricante	Gardy	Gardy
Tensão nominal	17,5 kV	38kV
Corrente nominal	2 A	2 A
Corrente de ruptura (eficaz)	72 kA	26 kA
Nível Básico de Impulso (NBI)	95 kV	200 kV
Tipo	CHAVE AV-152502-SM	CHAVE AV- AV-34605-SM
Fabricante	Delmar	Delmar
Tensão nominal	15 kV	38 kV
Corrente nominal	2500 A	630 A
Abertura	Vertical	Vertical
Comando	Motorizado	Motorizado
Tipo	TRAFO DE SERV. AUX.	TRAFO DE SERV. AUX.
Fabricante	ABB	ABB
Potência nominal	30 kVA	30 kVA
Tensão primária	13.800 V	34.500 V
Tensão secundária	208 / 120 V	208 / 120 V
Impedância	3,5 %	3,5 %

3.5 CARACTERÍSTICAS DOS EQUIPAMENTOS SECUNDÁRIOS

O serviço auxiliar em corrente alternada da subestação é formado basicamente pelo transformador de serviços auxiliares descrito acima, o qual realiza a alimentação dos circuitos de força, aquecimento e iluminação em 208/120 V da subestação, e também alimenta um retificador para suprimento dos serviços auxiliares em corrente contínua em 110 Vcc (comando e proteção) e carregamento da bateria. A bateria é do tipo automotiva, 55 Ah, podendo ser carregada alternativamente por um sistema de células fotovoltaicas acopladas a um conversor CC/CC instalado internamente ao painel do retificador. Esse sistema entra em operação quando a SE estiver

desenergizada, a fim de manter as baterias carregadas quando não estiverem em uso, ou seja, quando não houver a presença da tensão CC imposta pelo sistema CA / retificador, a qual mantém a bateria em flutuação. Todos os componentes relativos à distribuição CC/CA, comando e proteção da subestação estão localizados em um mesmo painel de comando. Além deste, existe ainda o painel do retificador e conversor CC/CC e o painel para acomodação da bateria.

3.6 CARACTERÍSTICAS DA CARRETA

a. Tipos de eixo

As carretas (também chamadas semi-reboque) adquiridas para estas subestações possuem eixos fixos, isto é, não direcionáveis, o que possibilitou a aquisição das carretas no mercado brasileiro. As chamadas carretas direcionáveis, que possuem eixos direcionáveis (ou manobráveis), permitem maior flexibilidade de manobra e evitam o acontecimento de “arrastes” das rodas, porém têm custo significativamente mais elevado, uma vez que possuem tecnologia mais apurada e não existem fabricantes nacionais. A decisão de se optar por uma carreta de eixos fixos ou direcionáveis é baseada em critérios técnicos e econômicos, porém, no geral, é uma decisão essencialmente determinada a partir das necessidades e desejo do cliente.

b. Tipos de suspensão

Quanto à suspensão da carreta, existem três tipos aplicáveis a subestações móveis: suspensão a feixe de molas, pneumática ou hidráulica.

A suspensão do tipo feixe de molas permite a distribuição da carga entre as linhas de eixos, calculado de maneira a não ultrapassar os limites legais de trafegabilidade. Para o caso em questão, foi utilizado o feixe de molas em tandem, o qual permite a distribuição da carga entre as linhas de eixos com uma pequena correção das irregularidades do terreno, possibilitando uma maior carga por eixo.

A suspensão do tipo pneumática também permite a distribuição da carga entre as linhas de eixos, e, com a utilização de válvulas niveladoras, mantém a mesma distância entre o semi-reboque e o solo, absorvendo as irregularidades do terreno até um determinado limite, resultando em um trafegar relativamente mais suave.

A suspensão do tipo hidráulica, com dois conjuntos hidráulicos por linha de eixos e cada conjunto com possibilidade de montagem de até quatro rodas, permitindo assim a montagem de oito rodas por linha de eixos, possibilita um aumento substancial na carga por linha de eixos. Tem ainda um sistema hidráulico de compensação total das irregularidades do terreno, o que mantém a carga distribuída igualmente pelas várias rodas, permitindo aumento de carga e trafegar suave. O sistema hidráulico de compensação do ângulo das rodas em manobras permite a colocação de quantos eixos e posições forem necessários, para distribuição uniforme da carga total da subestação, sem ocorrência de arraste das rodas.

c. Tipos de pescoço

O pescoço é a parte da carreta que se conecta ao veículo de tração (cavalo) através do pino-rei, podendo ser do tipo fixo (adquirida para esta subestação) ou articulado, dependendo das características técnicas de cada projeto. O pescoço articulado é utilizado para equalização da distribuição entre as linhas de eixo instaladas na parte dianteira do semi-reboque e o pescoço, o que também é conseguido com a colocação do chamado “dolly”, que é um semi-reboque com linhas de eixos na parte traseira, fazendo a conexão entre o cavalo e a carreta.

3.7 LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO

Os requisitos de segurança necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga (CVC) no Brasil são regidos pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), através das seguintes resoluções e artigos:

- Artigo 101 da lei 9503 de 21/09/97;
- Resolução nº 12/98;
- Resolução nº 68/98;
- Resolução nº 75/98;
- Resolução nº 76/98.

Em termos gerais, os limites estabelecidos para dimensões e pesos máximos que a carreta pode possuir para tráfego nas vias terrestres brasileiras são as seguintes:

- Altura até 4,40 m;
- Largura até 2,60 m;
- Peso até 45 ton, com peso bruto por eixo de 10 ton;
- Comprimento: até 19,80 m (veículos com reboque).

Esses limites dependem de uma série de características da carreta, como, por exemplo, tipo de suspensão, número de eixos, utilização de dolly etc., portanto devem ser definidos para cada projeto em particular. Todavia, caso qualquer um dos limites acima seja ultrapassado, é necessária a concessão de Autorização Especial de Trânsito (AET).

Para a subestação móvel aqui descrita, foram seguidas as limitações impostas pela legislação da Venezuela, sendo especificados os seguintes requisitos:

- Altura limitada a 3,90 m;
- Largura limitada a 3,40 m;
- Comprimento máximo de 16 m;
- Peso limitado a 75 ton.

Observa-se que se a carreta acima fosse circular no Brasil, haveria a necessidade de obtenção de AET e utilização de dolly, uma vez que a largura e o peso máximo por eixo seriam excedidos. Isto mostra a necessidade de avaliação das diferentes legislações de trânsito, que inclusive podem nortear certas características técnicas da subestação para não exceder os limites legais (por exemplo, aumento das perdas do transformador para reduzir o peso).

3.8 DISTRIBUIÇÃO DE PESO

Um dos pontos mais essenciais na definição das dimensões da carreta e lay-out da subestação é relacionada à distribuição de peso, devido ao posicionamento dos diversos equipamentos sobre a prancha. Dependendo das posições adotadas, o centro de massa do conjunto pode se localizar em um ponto que resulte em um sobrepeso em algum dos eixos, fazendo com que os limites legais de trafegabilidade possam ser ultrapassados. Para evitar este problema, é fundamental que as cargas resultantes no centro da suspensão traseira e no pino-rei da carreta sejam previamente calculados, de maneira a definir o melhor lay-out para a subestação. Para tal, utiliza-se de formulação simples de cálculo de centro de gravidade, a saber:

Centro de gravidade:
$$r_{CG} = \frac{m_1 \cdot r_1 + m_2 \cdot r_2 + \dots + m_n \cdot r_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

Carga no pino-rei:
$$P_{pr} = \frac{(m_1 + m_2 + \dots + m_n) \cdot (r_{susp} - r_{CG})}{r_{susp} - r_{pr}}$$

Carga na suspensão traseira:
$$P_{susp} = \frac{(m_1 + m_2 + \dots + m_n) \cdot (r_{CG} - r_{pr})}{r_{susp} - r_{pr}}$$

Onde:

m_1, m_2, m_n = massas dos diversos equipamentos;

r_1, r_2, r_n = distâncias dos equipamentos ao ponto de referência;

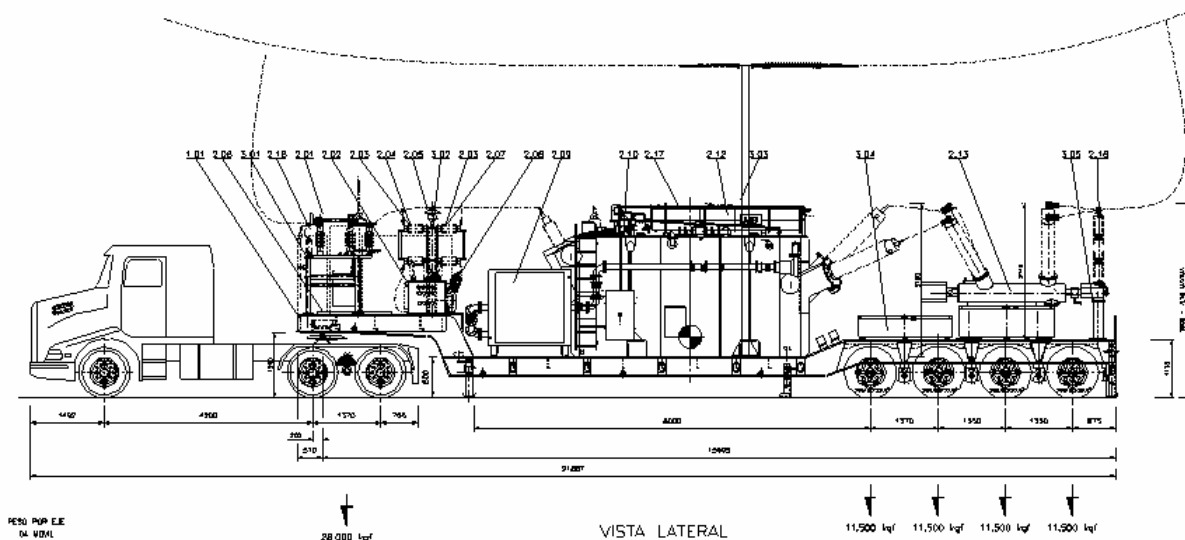
r_{CG} = distância do centro de gravidade do conjunto ao ponto de referência;

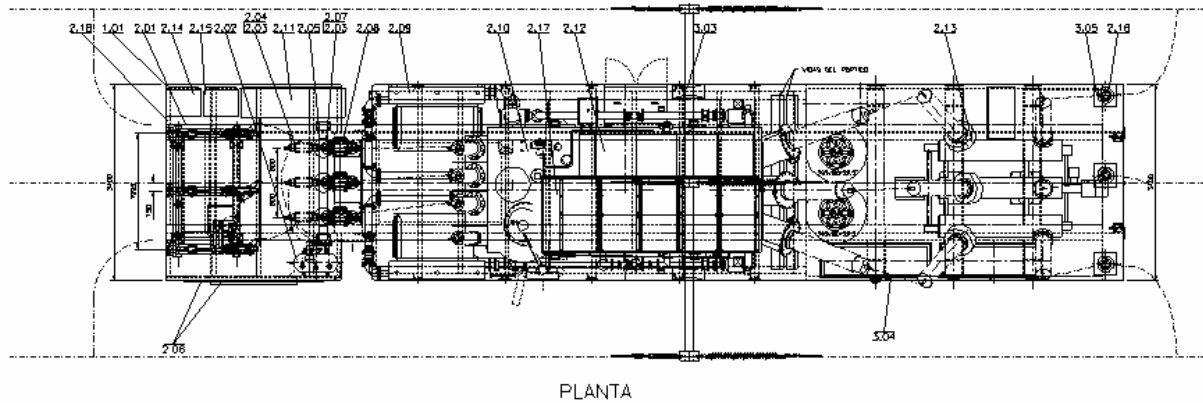
r_{pr} = distância do pino-rei ao ponto de referência;

r_{susp} = distância da suspensão ao ponto de referência.

3.9 PROJETO DA SUBESTAÇÃO MÓVEL

Abaixo segue o projeto final da subestação móvel de 115-34,5 kV. A subestação de 115-13,8 kV são idênticas, diferindo apenas as dimensões dos equipamentos de 34,5 kV.





1.01 – Semi-Reboque	2.09 – Sistema de resfriamento	2.17 – Células fotovoltaicas
2.01 – Chave seccionadora	2.10 – Registrador de impacto	2.18 – Pára-raios MT
2.02 – Transformador de serv. aux.	2.11 – Painel de comando / CA-CC	2.19 – Cilindro de SF6
2.03 – Base fusível	2.12 – Transformador de força	3.01 – Suporte da seccionadora
2.04 – Fusível	2.13 – PASS M0	3.02 – Suporte da base fusível
2.05 – Isolador	2.14 – Painel de baterias	3.03 – Pórtico
2.06 – Varão de manobra	2.15 – Painel retificador / conv. CC-CC	3.04 – Caixa de ferramentas
2.07 – Fusível	2.16 – Pára-raios	3.05 – Suporte de pára-raios
2.08 – Transformador de potencial		

Figura 3 – Vista e Planta da SE móvel (115-34,5 kV)

Dimensões e peso finais:

Comprimento da carreta:	15.995 mm (pino-rei até o final da prancha)
Largura da carreta:	3.400 mm
Peso do semi-reboque:	15.260 kg
Peso dos equipamentos:	55.036 kg
Peso das estruturas:	2.050 kg
Peso total:	72.346 kg

3.10 COMPARAÇÃO COM A SOLUÇÃO CONVENCIONAL

Utilizando-se a solução convencional (disjuntor e chave seccionadora) no lugar do módulo PASS, considerando-se os equipamentos e seus suportes, estima-se que haveria um crescimento da ordem de três toneladas no peso total e 2,5 m no comprimento da carreta, admitindo que não fosse necessária a utilização de TC's de pedestal, os quais fariam estes valores aumentarem ainda mais. Tais diferenças, dependendo das condições particulares de projeto e da legislação pertinente, podem tornar o projeto particularmente dificultoso.

4.0 - CONCLUSÕES

Mostrou-se que o equipamento híbrido PASS, por possuir características de equipamentos GIS, proporciona um grande aumento na confiabilidade do sistema quando comparado a equipamentos convencionais, sendo uma solução particularmente interessante a ser aplicada em subestações móveis, dada a redução de peso e dimensões que proporciona, requisitos estes fundamentais para a obtenção de um projeto técnica e economicamente adequado às restrições impostas pela legislação de trânsito.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) TAYLOR, T. Distribution System Reference Guides – ABB/STRI Project. ABB Research Project 9130. October 15, 1997.
- (2) ABB PT UNITA OPERATIVA ADDA (Italy). Modular System PASS M0 – Reliability Analysis. Report RPASS001, Rev. 3, February 13, 2006.
- (3) ABB PT UNITA OPERATIVA ADDA (Italy). Preventive Maintenance Guide Type PASS M0. Report FM 492, Rev. 3, December, 2004.
- (4) CONTRAN. Resolução nº 12/98. Brasília, 1998.