

INDICE

| | |
|---|----|
| 1.INTRODUÇÃO | 4 |
| 2.OBJECTIVOS..... | 5 |
| 3.DIMENSIONAMENTO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO DO PROJECTO | 5 |
| 4.TÉCNICAS DE COMPENSAÇÃO DE POTÊNCIA REACTIVA | 7 |
| 5.PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS | 8 |
| a) Material usado..... | 8 |
| b) Procedimentos | 8 |
| c) Esquema..... | 9 |
| 6.PASSOS REALIZADOS PARA REALIZAÇÃO DO PROJECTO | 9 |
| 7.CÁLCULOS EFECTUADOS | 10 |
| 8.VALORES ATRIBUÍDOS | 12 |
| 9.RESULTADOS OBTIDOS | 13 |
| 10.CONCLUSÃO | 18 |
| 11.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 18 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1:Compensacao serie e paralela..... | 7 |
| Figura 2:Circuito eléctrico a dimensionar..... | 9 |
| Figura 3: Arranjo..... | 10 |
| Figura 4 : Rede obtida e sumário da rede | 14 |
| Figura 5:Sumário da rede..... | 16 |
| Figura 6: Rede obtida..... | 17 |

INDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1:Distância entre condutores mediante a tensão | 6 |
| Tabela 2: Tipos de apoios mediante a tensão..... | 6 |
| Tabela 3:Distância entre apoios consecutivos mediante o nivel de tensão..... | 7 |
| Tabela 4: Parâmetros das linhas..... | 12 |
| Tabela 5: Parâmetros dos transformadores | 12 |
| Tabela 6: Parâmetros de carga | 13 |
| Tabela 7: Parâmetros de banco de condensadores | 13 |
| Tabela 8: Parâmetros de geradores | 13 |
| Tabela 9: Níveis de tensão | 15 |
| Tabela 10: Níveis de tensão | 16 |

1.INTRODUÇÃO

Em prol do desenvolvimento do Homem, a busca de eficácia nos seus afazeres de dia a dia é indispensável o harduo desempenho na simplificação dos seus trabalhos requerendo deste modo ENERGIA para a execução dos mesmos. Em virtude da descoberta de meios de dinamismos de trabalho, a energia eléctrica e uma das fontes mais comumente usada pelo Homem nos seus afazeres.

A qualidade do fornecimento da mesma é adstrita do seu sistema, isto é, para que tenhamos qualidade de energia, de algum modo precisamos de qualidade no sistema eléctrico, desde a produção, transporte e distribuição da energia eléctrica.

O presente trabalho aborda em geral o dimensionamento de um sistema eléctrico focando pontos como:

- ✓ Dimensionamento das linhas de transporte;
- ✓ Dimensionamento dos barramentos;
- ✓ Dimensionamento dos transformadores,
- ✓ Dimensionamento dos geradores;
- ✓ Dimensionamento das cargas.

O desenvolvimento do presente trabalho teve como base o desenvolvimento dum projecto sob exigências da cadeira de transporte e distribuição de energia eléctrica 2, e o sistema será simulado na ferramenta de simulação electrónica de sistemas eléctricos “ Power Word Simulator”

2.OBJECTIVOS

- Desenvolver habilidades no dimensionamento de componentes eléctricos de transporte de energia eléctrica;
- Familiarizar-se com ferramentas de simulação de sistemas eléctricos de potência.

3.DIMENSIONAMENTO DAS LINHAS DE TRANSMISSÃO DO PROJECTO

No âmbito do projecto o dimensionamento das linhas será feito a partir de tabelas normalizadas e distâncias a escolha aleatória.

3.1 Condutores

No presente projecto usar – se-á condutores de alumínio. Embora esta opção signifique maiores secções que as de cobre para um mesmo nível de perdas, o alumínio tem menor custo e menor peso. Também, o alumínio é mais abundante que o cobre.

3.1.1Relativamente às Características do Cabo

As características que se terão rigorosamente tomadas em consideração são para o tipo de condutores serão:

- ✓ Tensão nominal (ou estipulada);
- ✓ Tipo de cabo (rígido, flexível, de campo radial ou não, natureza do isolamento, etc.);
- ✓ Comprimento total do cabo;
- ✓ Número de condutores;
- ✓ Natureza do metal dos condutores (alumínio, cobre).

3.1.2.Relativamente às Condições de Instalação do Cabo

Modo de colocação:

- ✓ Ao ar - no ar livre;
- ✓ Exposto às radiações solares;
- ✓ Em galeria.
- ✓ Temperatura do ar ambiente;

Para dada linha de transmissão aérea de energia eléctrica, segundo normas e regulamentos, usar-se-a condutores de alumínio com reforço de aço (*Al/Aço*) ou *ACSR*-“Alluminum conductor steel reinforced”;

Aplicações:

Os cabos de alumínio com alma de aço são normalmente usados em linhas aéreas.

Normas de referência:

EN 50189; EN 50889; EN 61232; EN 50182

Construção

Os cabos de alumínio com alma de aço ou ACS são condutores cableados concêntricos, compostos de uma ou mais camadas de fios de alumínio do tipo AL1, e um núcleo (alma) de aço galvanizado de alta resistência do tipo ST1A, ST2B, ST3D, ST4A, ST5E ou de

ACS (aço coberto a alumínio) do tipo 20 SA. Devido às numerosas combinações possíveis de fios de alumínio e aço, pode-se variar a proporção dos mesmos, a fim de se obter a melhor relação entre capacidade de transporte de corrente e resistência mecânica para cada aplicação. Deste temos o ASCR

Nas linhas de muito altas tensões ou grandes potências de transmissão como o caso do presente projecto, existe mais de um condutor por fase, perseguindo-se os seguintes objectivos:

- ✓ Repartição da elevada potência de transmissão por circuito paralelos;
- ✓ Diminuição da impedância série através da utilização de circuitos paralelos;
- ✓ Diminuição do efeito de coroa nas linhas de muito altas tensões.

A distância de separação dos condutores será dada em função da seguinte tabela:

| Nível de Tensão (kv) | Distancia entre os condutores (m) |
|----------------------|-----------------------------------|
| <30 | 0,6 – 1,0 |
| 30 | 1,5 - 2,0 |
| 30-60 | 2,0 - 3,0 |
| 110 | 3,0 - 5,0 |
| 220 | 6,0 - 7,0 |
| 220-400 | 12,0 - 15,0 |

Tabela 1: Distancia entre condutores mediante a tensao

3.2. Apoios

O tipo de material dos apoios a usar depende fundamentalmente do nível de tensão, destacando-se:

| | |
|--------------------|--|
| Apoios de Madeira: | Para baixa e media tensão (até 15 KV) |
| Apoios de betão: | Para baixa e média tensão/alta tensão (até 60KV) |
| Apoios metálicos: | Para altas e muito altas tensões (60KV, 110KV, 220KV ,400KV) |

Tabela 2: Tipos de apoios mediante a tensao

Segundo sua aplicação no sistema teremos:

- ✓ De Alinhamento (normal);
- ✓ De reforço ou âncora;
- ✓ De ângulo (mudança da direcção da linha);
- ✓ De derivação;
- ✓ De transposição.

A distância entre dois apoios consecutivos depende do nível de tensão segundo a tabela:

| Nível de Tensão[KV] | Distância entre apoios[m] |
|---------------------|---------------------------|
| 15 | 80-120 |
| 30 | 100-200 |
| 30 | 220-250 |
| 110 | 250-280 |
| 220 | 300-320 |

Tabela 3:Distancia entre apoios consecutivos mediante o nivel de tensao

4.TÉCNICAS DE COMPENSAÇÃO DE POTÊNCIA REACTIVA

Reactores de indução e capacitores são amplamente usados nas linhas de transporte para aumentar a capacidade de carga e manter as tensões próximas das nominais. Reactores paralelos (shunt) são instalados em pontos seleccionados ao longo das linhas de Alta e Muito Alta Tensão. Os reactores absorvem potência reactiva e reduzem as sobretensões nos períodos de baixa carga. Também reduzem as sobretensões de manobra de raio. Contudo, os reactores podem reduzir a capacidade de carga se não forem removidos nos períodos de carga pesada.

Paralelamente aos reactores paralelos é comum usar os capacitores paralelos que ao fornecerem potência reactiva aumentando assim a capacidade de carga das linhas nos períodos de carga pesada.

Condensadores síncronos (motores síncronos sem carga mecânica) também podem controlar a potência reactiva de saída, embora mais lentamente do que os SVS. Também condensadores série são por vezes usados em linhas longas para aumentar a sua capacidade de carga. Bancos de condensadores são então instalados em série, em cada fase da linha, em pontos seleccionados ao longo da linha. Sua função é reduzir a impedância série da linha em série com o condensador série, reduzindo assim, as quedas de tensão ao longo da linha e portanto, melhorando a regulação e também aumentando o limite de estabilidade estática. A desvantagem dos bancos de condensadores série reside no facto de que são necessários dispositivos de protecção automática para drenar as altas correntes de faltas e reinserir os condensadores depois da eliminação das faltas. Também, a inserção de condensadores série pode excitar oscilações de baixa frequência, um fenómeno conhecido por *ressonância subsíncrona*, que poderá deteriorar os veios dos das turbinas dos alternadores.

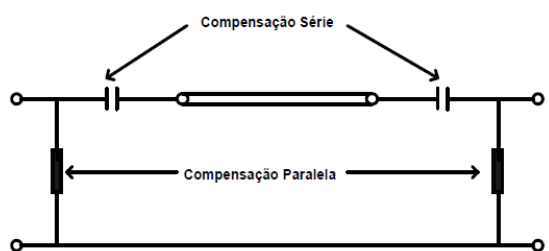


Figura 1:Compensacao serie e paralela

5.PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

a) Material usado

- Simulador de sistemas eléctricos.
- Tabelas padronizadas de dimensionamento de linhas.

b) Procedimentos

1. Aloque a carga total de 400MW pelos quatro sistemas;
2. Por cada sistema, aloque as cargas para os barramentos a tua escolha. Escolha valores razoáveis de factor de potência;
3. Tomando em consideração a carga alocada, seleccione os valores apropriados de voltagem para as linhas de transmissão, os MVA's e as distâncias necessárias as cargas. Depois determine o por-unidade das impedâncias das linhas de transmissão mostradas na figura do diagrama unifilar. (Demonstrar os teus cálculos);
4. Seleccione valores apropriados das voltagens e potência dos transformadores e determine o valor das impedâncias dos transformadores em por-unidade mostradas no diagrama unifilar;
5. Desenvolva também uma agenda de geração para os gerados dos 5 barramentos;
6. Mostre uma copia das impedâncias em por-unidade das linhas, transformadores, geradores e cargas que escolheste;
7. Usando o POWER WORLD SIMULATOR (PWS), corre a rede demonstrando os fluxos de potência, tensões nos barramentos.
8. Faça com que a rede funcione dentro dos parâmetros normais de tensões ($0.95 \leq V \leq 1.05$) e fluxo de potências.

c) Esquema

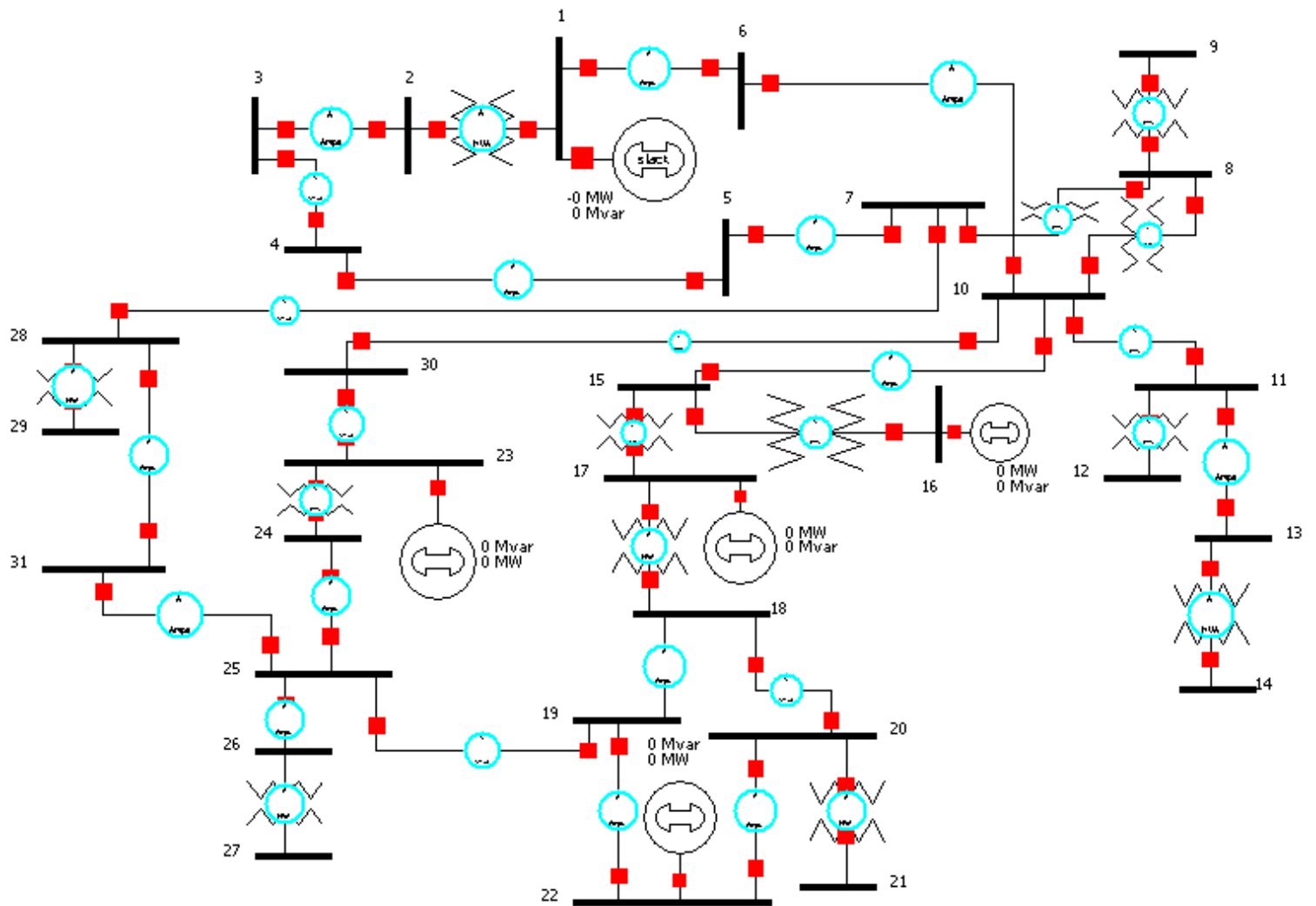


Figura 2: Circuito eléctrico a dimensionar

6. PASSOS REALIZADOS PARA REALIZAÇÃO DO PROJECTO

1. Desenhar a rede
2. Investigar no mercado o grupo gerador
3. Definir níveis de tensão para todos os barramentos
4. Investigar no mercado o grupo de transformador
5. Introduzir as cargas

6. Definir o comprimento e estrutura das linhas
7. Calcular os parâmetros da linha (R, X_L, P, S)
8. Colocar a potência dos geradores no máximo e diminuir ate que o sistema estabilize-se
9. Verificar os problemas do circuito
 - Nível de tensão nos barramentos
 - Nível de carregamento nas linhas
10. Corrigir os problemas do sistema usando métodos mais convenientes
11. Verificar se os problemas da rede foram resolvidos caso não tenham resolvidos, voltar a usar um dos métodos do ponto 10.

7. CÁLCULOS EFECTUADOS

Usando cabo **Cardial**, da tabela teremos:

$$r = 0.598 \text{ pol} = 0.0152 \text{ m}$$

$$R_{50^\circ\text{c}} = 0,1082\Omega/\text{mi} = 0,0672 \Omega/\text{km}$$

$$D = 1 \text{ m}$$

Usando o arranjo

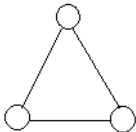


Figura 3: Arranjo

$$RMG = r * 0,7788 = 0,0118\text{m}$$

$$DMG = \sqrt[3]{1 * 1 * 1} = 1\text{m}$$

$$RMG = r * 0,7788\text{pol} = 0,0118\text{m}$$

$$X_L = 2\pi fL' = 2\pi \times 60 \times 2 \times 10^{-7} \ln \frac{DMG}{RMG} = 2\pi \times 60 * 2 \times 10^{-7} \ln \frac{1}{0,0118} = 3,346 * 10^{-4} \Omega/\text{m} = 3,346 * 10^{-1} [\Omega/\text{km}]$$

$$Z' = R' + jX_L$$

$$Z' = 0,0672 + j0,3346 \Omega/\text{km}$$

$$\bar{A} = \bar{D} = 1\text{pu}$$

$$\bar{B} = \bar{Z}' = 0,0672 + j0,3346\Omega/\text{km}$$

$$C = 0$$

$$Z = Z' \cdot l$$

$$Z = (0,0672 + j0,3346) \cdot l, \Omega$$

Usando mesmo cabo com mesmo arranjo, mudando apenas a distancia entre condutores:

$$RMG = r \cdot 0,7788 \text{ pol} = 0,0118 \text{ m}$$

$$D = 1 \text{ m}$$

$$R_{50^\circ\text{C}} = 0,0672 \Omega/\text{km}$$

$$RMG = r \cdot 0,7788 \text{ pol} = 0,0118 \text{ m}$$

$$DMG = \sqrt[3]{2 \cdot 2 \cdot 2} = 2 \text{ m}$$

$$X_L = 2\pi f L' = 2\pi \cdot 60 \cdot 2 \cdot 10^{-7} \ln \frac{DMG}{RMG} = 3,868 \cdot 10^{-4} \Omega/\text{m} = 3,868 \cdot 10^{-1} \Omega/\text{km}$$

$$Z' = 0,0672 + j0,3868 \Omega/\text{km}$$

$$\bar{A} = \bar{D} = 1 \text{ pu}$$

$$\bar{B} = \bar{Z} = 0,0672 + j0,3868 \Omega/\text{km}$$

$$C = 0$$

$$Z' = (0,0672 + j0,3868) \times l, \Omega$$

Usando os valores obtidos nos dois casos e substituindo nas formulas a seguir

$$P = \frac{0,95 \cdot Us^2}{|Z|} \cdot \cos(\Theta_Z - \delta) - A \cdot \frac{0,95 \cdot Us^2}{|Z|} \cdot \cos(\Theta_Z - \Theta_A)$$

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}, \text{ onde } \cos \varphi = 0.9$$

Substituindo os valores de comprimento e niveis de tensao obtem-se a seguinte tabela:

| Barramentos | Comprimentos (Km) | Niveis de tensão (Kv) | Potência (KVA) |
|-------------|-------------------|-----------------------|----------------|
| 1-6 | 5 | 13.8 | 62,07 |
| 6-10 | 30 | 13.8 | 10,34 |
| 2-3 | 5 | 34.5 | 307,687 |
| 3-4 | 5 | 34.5 | 307,687 |
| 4-5 | 20 | 34.5 | 85,687 |
| 5-7 | 5 | 34.5 | 307,687 |
| 26-25 | 5 | 34.5 | 307,687 |
| 19-22 | 15 | 34.5 | 114,249 |
| 28-7 | 60 | 34.5 | 28,562 |
| 30-23 | 5 | 13. | 62,07 |
| 11-13 | 5 | 13.8 | 62,07 |

| | | | |
|-------|----|------|---------|
| 10-11 | 10 | 13.8 | 62,07 |
| 15-10 | 20 | 13.8 | 15,512 |
| 18-20 | 10 | 34.5 | 171,374 |
| 24-25 | 5 | 34.5 | 342,747 |
| 19-18 | 5 | 34.5 | 342,747 |
| 25-14 | 15 | 34.5 | 114,249 |
| 22-20 | 10 | 34.5 | 171,374 |
| 31-25 | 15 | 34.5 | 114,249 |
| 28-31 | 15 | 34.5 | 114,249 |
| 10-30 | 40 | 13.8 | 7,756 |

Tabela4: Parametros das linhas

Assim como os comprimentos das linhas sao menos que 80 Km entao todas as linhas serao do tipo **curtas**.

8.VALORES ATRIBUÍDOS

Transformadores

| Barramentos | Tensao (kV) | Unidade | Potencia (MVA) |
|-------------|-------------|---------|----------------|
| 1-2 | 13.8 - 34.5 | 4 | 80 |
| 28-29 | 34.5-13.8 | 1 | 47 |
| 26-27 | 34.5-13.8 | 1 | 47 |
| 23-24 | 13.8-34.5 | 2 | 40 |
| 20-21 | 34.5-13.8 | 1 | 47 |
| 17-18 | 6.9-34.5 | 1 | 20 |
| 15-17 | 6.9-13.8 | 2 | 20 |
| 15-16 | 6.9-13.8 | 2 | 20 |
| 13-14 | 13.8-6.9 | 1 | 10 |
| 11-12 | 13.8-6.9 | 1 | 10 |
| 10-8 | 13.8-69 | 1 | 45 |
| 7-8 | 69-34.5 | 1 | 50 |
| 8-9 | 69-13.8 | 1 | 45 |

Tabela 5: Parametros dos transformadores

Cargas

| Barramento | Potência (MW) |
|------------|---------------|
| 12 | 5 |
| 14 | 5 |

| | |
|----|----|
| 9 | 35 |
| 6 | 15 |
| 29 | 30 |
| 23 | 45 |
| 30 | 45 |
| 16 | 30 |
| 17 | 60 |
| 22 | 60 |
| 21 | 35 |
| 27 | 35 |

Tabela6: Parametros de carga

Banco de condensadores

| Barramento | Potência (MVar) |
|------------|-----------------|
| 4 | 8 |
| 7 | 9 |
| 9 | 6 |
| 29 | 14 |
| 30 | 15 |
| 12 | 5 |

Tabela 7: Parametros de banco de condensadores

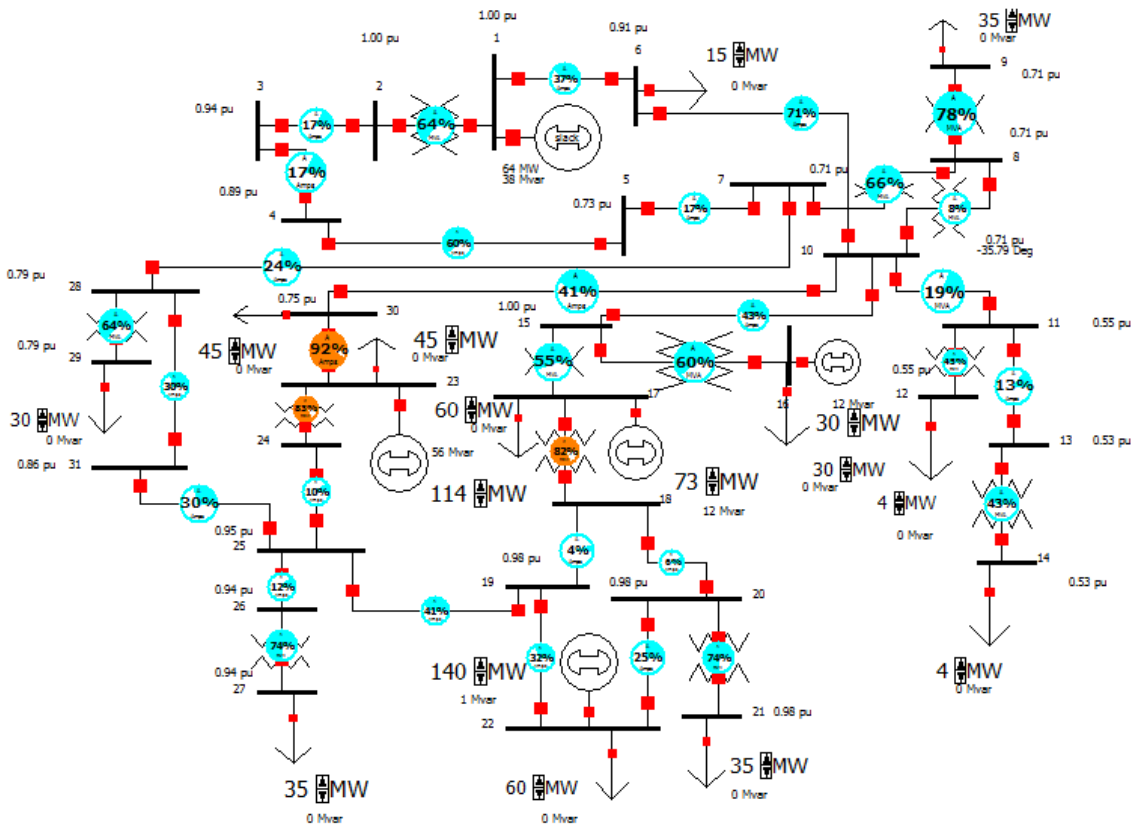
Geradores

| Barramento | U (kV) | Unidade | Potência (MVA) |
|------------|--------|---------|----------------|
| 1 | 13.8 | 1 | 150 |
| 23 | 13.8 | 1 | 150 |
| 17 | 6.9 | 1 | 150 |
| 16 | 6.9 | 1 | 150 |
| 22 | 34.5 | 56 | 150 |

Tabela8:Parametros de geradores

9.RESULTADOS OBTIDOS

Após introduzir todos os parâmetros da rede e equilibrar as potências fornecidas pelos geradores obtém-se:



Case Summary for Current Case

| | | | |
|-------------------------------|----|---|--------|
| Number of Devices in Case | | Case Totals (for in-service devices only) | |
| Buses | 31 | MW | Mvar |
| Generators | 5 | Load | 398.8 |
| Loads | 12 | Generation | 420.6 |
| Switched Shunts | 0 | Shunts | 0.0 |
| 2 Term. DC Lines | 0 | Losses | 21.8 |
| Multi-Term. DC | 0 | Generator Spinning Reserves | |
| Breakers | 0 | Positive [MW] | 4579.4 |
| Disconnects | 0 | Negative [MW] | 420.6 |
| ZBRs | 0 | Negative MW Loads and Generators | |
| Areas | 1 | Load | 0.0 |
| Zones | 1 | Generation | 0.0 |
| Substations | 0 | Slack Buses: | |
| Trans. Lines (AC) | 20 | 1 (1); in Area 1 (1) | |
| Series Capacitors | 0 | | |
| LTCs (Control Volt) | 0 | | |
| Phase Shifters | 0 | | |
| Mvar Controlling | 0 | | |
| Fuses | 0 | | |
| Load Break Disc. | 0 | | |
| Ground Disconnects | 0 | | |
| Islands | 1 | | |
| Interfaces | 0 | | |
| Injection Groups | 0 | | |
| Case pathname: PROJECTO 1.pwb | | | |

Print ? Help Close

Figura 4 : Rede obtida e sumário da rede

E a sua tabela de níveis de tensão respectiva é:

| Number | Name | Area Name | Monitor | Limit Group | PU Volt | Volt (kV) | Limit Low PU Volt | Limit High PU Volt | Contingency Limit Low PU Volt | Contingency Limit High PU Volt |
|--------|------|-----------|---------|-------------|---------|-----------|-------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 1 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 13.800 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 2 | 2 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 34.500 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 3 | 3 | 1 | YES | Default | 0.94173 | 32.490 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 4 | 4 | 1 | YES | Default | 0.88774 | 30.627 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 5 | 5 | 1 | YES | Default | 0.73241 | 25.268 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 6 | 6 | 1 | YES | Default | 0.90853 | 12.538 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 7 | 7 | 1 | YES | Default | 0.71371 | 24.623 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 8 | 8 | 1 | YES | Default | 0.71371 | 49.246 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 9 | 9 | 1 | YES | Default | 0.71371 | 9.849 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 10 | 10 | 1 | YES | Default | 0.71371 | 9.849 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 11 | 11 | 1 | YES | Default | 0.55492 | 7.658 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 12 | 12 | 1 | YES | Default | 0.55492 | 3.829 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 13 | 13 | 1 | YES | Default | 0.53443 | 7.375 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 14 | 14 | 1 | YES | Default | 0.53443 | 3.688 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 15 | 15 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 13.800 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 16 | 16 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 6.900 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 17 | 17 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 13.800 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 18 | 18 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 34.500 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 19 | 19 | 1 | YES | Default | 0.98311 | 33.917 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 20 | 20 | 1 | YES | Default | 0.98464 | 33.970 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 21 | 21 | 1 | YES | Default | 0.98464 | 13.588 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 22 | 22 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 34.500 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 23 | 23 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 13.800 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 24 | 24 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 34.500 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 25 | 25 | 1 | YES | Default | 0.95220 | 32.851 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 26 | 26 | 1 | YES | Default | 0.93976 | 32.422 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 27 | 27 | 1 | YES | Default | 0.93976 | 12.969 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 28 | 28 | 1 | YES | Default | 0.79116 | 27.295 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 29 | 29 | 1 | YES | Default | 0.79116 | 10.918 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 30 | 30 | 1 | YES | Default | 0.75236 | 10.383 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 31 | 31 | 1 | YES | Default | 0.85933 | 29.647 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |

Tabela 9:Níveis de tensao

A partir da tabela é possível verificar que nos barramentos 3 a 14 a 31 o nível de tensão está fora dos limites padronizados. Então é necessário resolver esse problema. Para tal irá usar-se banco de condensadores nas linhas e nas cargas.

Após inserir 6 banco de condensadores nos barramentos nomeadamente 4,7,9,12,20 e 29 e equilibrar as potências dos geradores consegue-se obter a tensão em todos barramentos da rede nos limites de tensão estabelecido.

Obtendo assim a seguinte tabela de tensões nos barramentos:

| Number | Name | Area Name | Monitor | Limit Group | PU Volt | Volt (kV) | Limit Low PU Volt | Limit High PU Volt | Contingency Limit Low PU Volt | Contingency Limit High PU Volt |
|--------|------|-----------|---------|-------------|---------|-----------|-------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 1 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 13.800 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 2 | 2 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 34.500 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 3 | 3 | 1 | YES | Default | 0.99264 | 34.246 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 4 | 4 | 1 | YES | Default | 0.99003 | 34.156 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 5 | 5 | 1 | YES | Default | 0.97489 | 33.634 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 6 | 6 | 1 | YES | Default | 0.95259 | 13.146 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 7 | 7 | 1 | YES | Default | 0.98289 | 33.910 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 8 | 8 | 1 | YES | Default | 0.98289 | 67.819 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 9 | 9 | 1 | YES | Default | 0.98289 | 13.564 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 10 | 10 | 1 | YES | Default | 0.98289 | 13.564 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 11 | 11 | 1 | YES | Default | 1.02296 | 14.117 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 12 | 12 | 1 | YES | Default | 1.02296 | 7.058 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 13 | 13 | 1 | YES | Default | 1.01299 | 13.979 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 14 | 14 | 1 | YES | Default | 1.01299 | 6.990 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 15 | 15 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 13.800 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 16 | 16 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 6.900 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 17 | 17 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 6.900 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 18 | 18 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 34.500 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 19 | 19 | 1 | YES | Default | 0.98842 | 34.101 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 20 | 20 | 1 | YES | Default | 0.98464 | 33.970 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 21 | 21 | 1 | YES | Default | 0.98464 | 13.588 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 22 | 22 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 34.500 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 23 | 23 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 13.800 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 24 | 24 | 1 | YES | Default | 1.00000 | 34.500 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 25 | 25 | 1 | YES | Default | 0.97985 | 33.805 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 26 | 26 | 1 | YES | Default | 0.96788 | 33.392 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 27 | 27 | 1 | YES | Default | 0.96788 | 13.357 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 28 | 28 | 1 | YES | Default | 1.01425 | 34.992 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 29 | 29 | 1 | YES | Default | 1.01425 | 13.997 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 30 | 30 | 1 | YES | Default | 0.95422 | 13.168 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |
| 31 | 31 | 1 | YES | Default | 0.98794 | 34.084 | 0.95 | 1.05 | 0.95 | 1.05 |

Tabela 10: Níveis de tensao

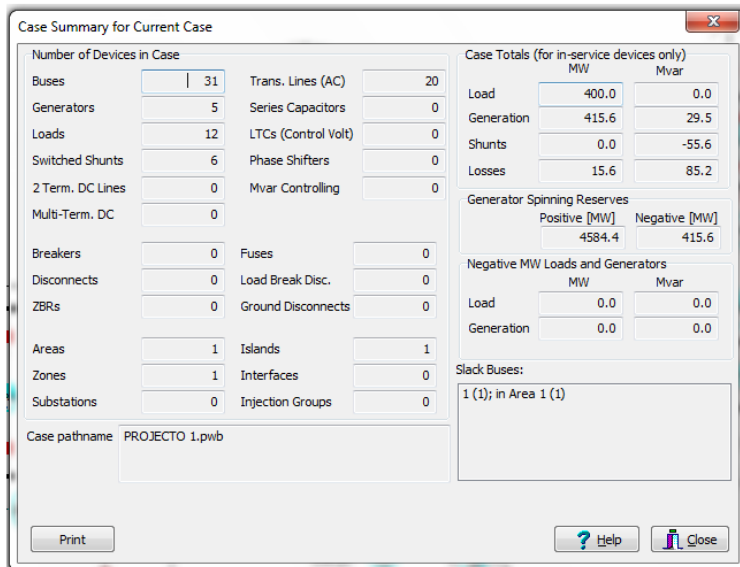


Figura 5: Sumário da rede

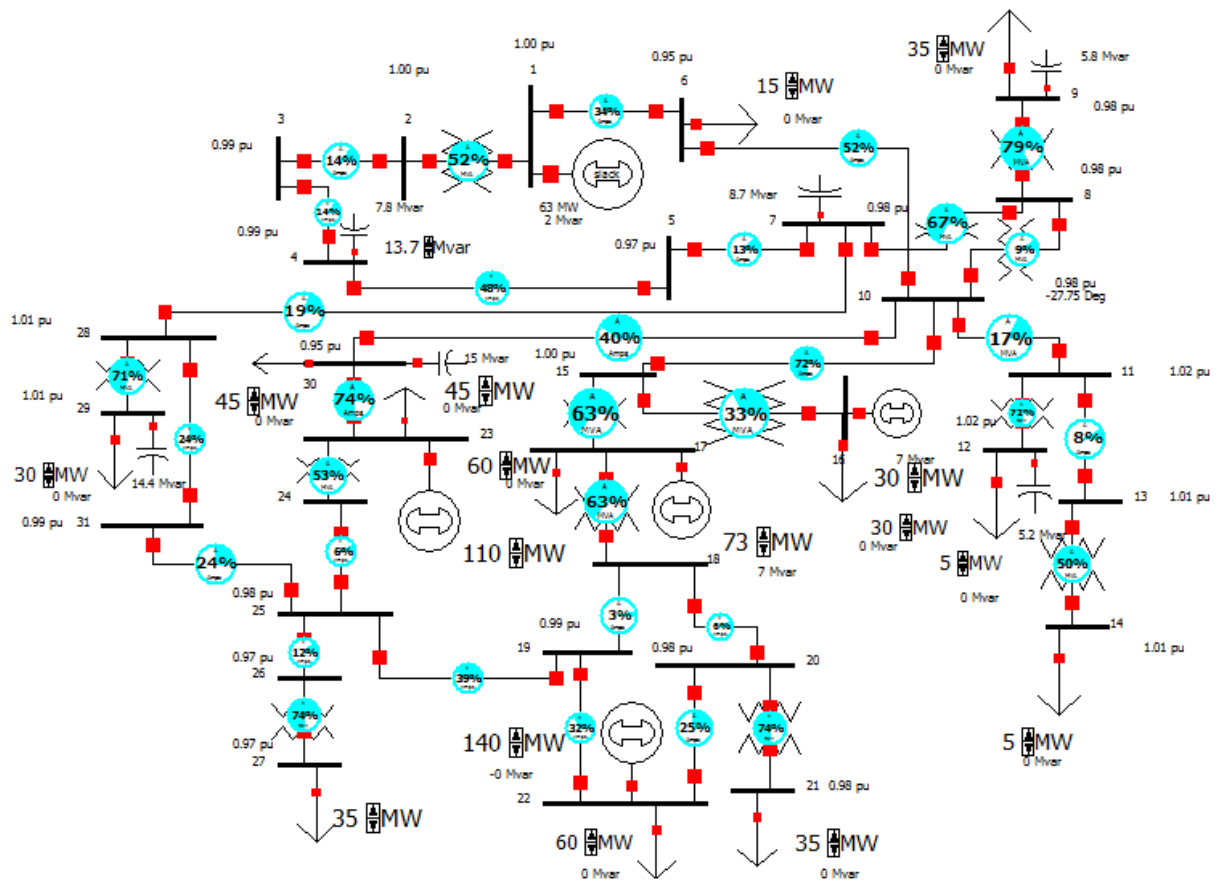


Figura 6: Rede obtida

10.CONCLUSÃO

O presente trabalho não foi realizado com sucesso total, pois os parametros dos transformadores não foram introduzidos no projecto, e isso deve-se a falta destes valores nos catalogos mas em contrapartida foram cumpridas todas as especificações que pedia-se no problema.

Como consequência disso as perdas no circuito não são reais assim a potência de geração também não sendo real.

11.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GLOVER, Duncan J, *Power System: Analysis and Design*, 4ª edição

ANEXOS

Hidrogeradores

Desenvolvidos para aplicações em centrais hidrelétricas, os hidrogeradores possuem uma grande faixa de opções, tanto de potências quanto de rotações, definidas com base na experiência WEG de fornecimento e dimensionamento de hidrogeradores e complementada com uma ampla pesquisa de mercado. Os hidrogeradores podem ser aplicados a turbinas Kaplan, Francis, Pelton entre outras, com diversas possibilidades de configurações mecânicas e elétricas.



Características Técnicas

- Potências: até 150.000 kVA
- Carcaças: 355 a 4.000 (IEC)
- Tensões: até 13.800 V
- Graus de proteção: IP21 a IP44
- Rotações: 1.200 a 90 rpm



Aplicações

Os hidrogeradores são aplicados, em conjunto com turbinas hidráulicas, na geração de energia elétrica.

| Atributos | Benefícios |
|---|---|
| Flexibilidade | Projeto é concebido e ajustado de forma a atender às necessidades específicas de cada aplicação |
| Isolamento VPI | Excelentes propriedades elétricas (rigidez elétrica) e mecânicas do bobinado |
| Projetos e fabricação otimizados (grande experiência) | Maior robustez e confiabilidade operacional, melhores rendimentos e facilidade de montagem |
| Flexibilidade dos sistemas de excitação | Conforme a aplicação pode-se utilizar: <i>brushless</i> (sem escovas), com ou sem PMG (<i>Permanent Magnet Generator</i>) ou estática (com escovas) |
| Ensaio em fábrica / Estrutura de laboratório | Permite a realização de ampla gama de ensaios durante a fabricação |

Aerogeradores

Os aerogeradores AGW possuem controle ativo do ângulo de passo das pás e rotação variável do rotor, com um gerador síncrono de ímãs permanentes e acoplamento direto com o rotor, sem a necessidade de um multiplicador de velocidades.

Possui ainda conversor de potência plena, o que possibilita uma suave e controlada conexão à rede elétrica.

O sistema de orientação mantém a turbina sempre de frente para o vento mesmo quando ela não estiver em produção.

Possui sistema de resfriamento especialmente desenvolvido que permite que o aerogerador seja instalado em locais com ambiente agressivo.



Características Técnicas

- Potência: 2,1 MW
- Tensão: 34,5 kV
- Grau de proteção do gerador: IP54
- Grau de proteção da nacela: IP54 (versão maximizada)
IP24 (versão normal)



Aplicações

Energia eólica.

| Atributos | Benefícios |
|--|---|
| Sistema de posicionamento (yaw) | Sistema ativo com motorreduzores elétricos |
| Freio | Eletromecânico para operação, pino trava para manutenção hidráulica |
| Ventilação da nacela | Fechada para ambientes próximos ao mar e aberta como padrão |
| Número reduzido de partes móveis | Simplicidade na instalação |
| Projeto modular permite reparos com auxílio de um guincho de serviço | Assistência técnica sem necessidade de guindaste |
| Pintura anticorrosiva | Proteção contra maresia |

| AÑO | CONTRATO | ENTIDAD | DESCRIPCIÓN TRABAJO | | | | MVA | PAÍS | |
|-------------|-----------------|--|---------------------|--------------------------|--------------|-----------------------|------------|-------------|-----------------|
| 2002 | | EADE S.A. E.S.P. | 1 | Transformador(es) | 10/12.5 | MVA, 44/13.8 | kV. | 12.5 | Colombia |
| 2002 | | AMBATO | 1 | Transformador(es) | 12.5 | MVA, 69/13.2 | kV. | 12.5 | Ecuador |
| 2002 | 046-02 | TRANSELCA S.A. E.S.P. | 1 | Transformador(es) | 30/35 | MVA, 34.5/13.8 | kV. | 35.0 | Colombia |
| 2002 | | ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P. | 1 | Transformador(es) | 5 | MVA, 34.5 | kV. | 5.0 | |
| 2002 | | CENS S.A. E.S.P. | 1 | Transformador(es) | 12 | MVA, 115 | kV. | 12.0 | |
| 2002 | 42-69-2002 | CENS S.A. E.S.P. | 1 | Transformador(es) | 6/8 | MVA, 115/34.5 | kV. | 8.0 | Colombia |
| 2002 | | EESUR S.A. E.S.P. EDM | 1 | Transformador(es) | 20 | MVA, 34.5 | kV. | 20.0 | |
| 2002 | 0129-2001 | EPSA S.A. E.S.P. | 1 | Transformador(es) | 20/30 | MVA, 110/34.5 | kV. | 30.0 | Colombia |
| 2002 | | ESSA S.A. E.S.P. | 1 | Transformador(es) | 12.5 | MVA, 33 | kV. | 12.5 | |
| 2002 | 25-37-2002 | CENS S.A. E.S.P. | 1 | Transformador(es) | 12.5 | MVA, 34.5 | kV. | 12.5 | |
| 2002 | 25-042-2002 | CENS S.A. E.S.P. | 1 | Transformador(es) | 10/12.5 | MVA, 34.5/13.8 | kV. | 12.5 | C |
| 2002 | 82-2002 | ENELAR S.A. E.S.P. | 1 | Transformador(es) | 12.5 | MVA, 34.5 | kV. | 12.5 | |
| 2002 | 057/2002 | ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P. | 1 | Transformador(es) | 30/47 | MVA, 34.5/13.8 | kV. | 47.0 | Colombia |

Tabela: Transformadores fabricados e ja fornecidos pela ABB Colombia para empresas