

BASE DE DADOS DA EPE PARA ESTUDOS DE CURTO-CIRCUITO**NOTA EXPLICATIVA - PDE 2029****BASE DE DADOS DE CURTO-CIRCUITO EPE – PDE 2029****1. APRESENTAÇÃO**

A Base de Dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) para Estudos de Curto-Circuito, doravante denominada BDCC, é fruto de um trabalho de mais de 10 anos da equipe da Superintendência de Transmissão de Energia (STE). Até a época do início das atividades da EPE, em março de 2005, não existia uma base de dados que abrangesse todo o Sistema Interligado Nacional (SIN) com um horizonte de médio prazo. Assim, a EPE estabeleceu como meta a criação de uma base nos moldes daquela existente para estudos de regime permanente, com a mesma abrangência espacial (todo o SIN) e temporal (até 10 anos à frente).

As maiores dificuldades para a criação da BDCC residiam na obtenção dos parâmetros de sequência zero e de máquinas das partes do sistema já existente. A tendência natural foi a de buscar tais dados junto ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), que já possuía uma base de dados confiável, porém com um horizonte de apenas 3 anos à frente. Assim, o ONS tem sido consultado desde então como fonte de dados.

Já a partir de 2008, a EPE tem produzido anualmente uma base de dados *pari passu* com o Plano Decenal de Expansão da Transmissão (PDE), com divulgação sob demanda e restrita aos Agentes do SIN. Tais cuidados se fizeram necessários, uma vez que as informações utilizadas na elaboração da BDCC vinham sendo adquiridas com lentidão e, portanto, os resultados obtidos com sua utilização deixavam a desejar, principalmente no tocante a faltas desequilibradas. Essas restrições, no entanto, sempre foram informadas a todos que têm solicitado dados à EPE.

A versão da BDCC ora apresentada está sendo divulgada no sítio da EPE na internet para todos que dela queiram fazer uso. Tal divulgação reflete a confiança e segurança da EPE de que a BDCC já possui um nível de confiabilidade adequado, capaz de fornecer com razoável fidelidade os resultados de simulações de curto-circuito ao longo de todo o SIN.

2. CARACTERÍSTICAS DA BASE DE DADOS DE CURTO-CIRCUITO DA EPE

a) A BDCC é constituída de 20 arquivos no formato do programa ANAFAS do CEPEL, sendo 10 referentes ao curto-circuito máximo e 10 ao curto-circuito mínimo.

Nos casos de curto-circuito máximo,

- Os elementos em derivação presentes nos casos, capacitores e reatores, são aqueles considerados em operação nos casos bases do PDE no cenário de carga pesada e norte úmido dos anos correspondentes;
- As máquinas presentes em cada caso são aquelas indicadas na Planilha de Despacho da EPE (ferramenta utilizada na definição do despacho de geração dos casos do PDE). Todas as máquinas indicadas com *geração máxima não nula* são consideradas operando com toda a sua potência instalada. Essas máquinas são representadas ligadas à rede através de suas impedâncias subtransitórias ($R_a + jX''d$).

Nos casos de curto-circuito mínimo,

- A topologia do sistema elétrico é idêntica àquela dos casos de curto-circuito máximo, no que se refere a linhas de transmissão e transformadores;
- Os elementos em derivação presentes nos casos, capacitores e reatores, são aqueles considerados em operação nos casos bases do PD no cenário de carga leve e norte úmido dos anos correspondentes;
- As máquinas presentes em cada caso são aquelas com possibilidade de despacho indicadas na Planilha de Despacho da EPE. Apenas as máquinas indicadas com geração mínima não-nula são consideradas em operação e com valor de geração igual ao despacho mínimo.

É importante observar que *nunca* haverá um único instante na operação de um sistema elétrico em que o despacho máximo esteja presente em *todo o sistema simultaneamente*, e o mesmo ocorre para o despacho mínimo. No entanto, em qualquer ponto de interesse do sistema o despacho máximo ou mínimo *estará satisfeito*, e pode ser verificado que, a partir da segunda ou terceira vizinhança, o despacho no restante do sistema tem pouca ou nenhuma influência nas avaliações do nível de curto-circuito *no local de interesse*.

b) A BDCC é quase totalmente compatível com os casos de fluxo de potência do PDE, no que tange à topologia, números e nomes de barras e parâmetros de sequência positiva. As diferenças existentes serão apontadas e justificadas ao longo desta nota.

c) A principal fonte de dados para a elaboração da BDCC são os casos de fluxo de potência do PDE, daí a quase total compatibilidade. Deles são obtidos a topologia e os parâmetros de sequência positiva dos circuitos. Os dados de sequência zero são obtidos da base de dados de curto-circuito do ONS para os circuitos presentes no horizonte do Plano de Ampliações e Reforços (PAR). Para os demais, os parâmetros são calculados a partir de configurações típicas ou estimados através de critérios usualmente aceitos pelo setor elétrico nacional.

d) O processo de identificação de parâmetros do ONS é lento e trabalhoso, principalmente devido às diferenças de numeração de barras nas bases de dados das duas empresas. Assim, ainda não foi possível que a totalidade dos circuitos seja identificada, e muitos deles, mesmo que existentes no PAR, ainda têm seus parâmetros determinados conforme **(c)**.

e) O trabalho de identificação de parâmetros do ONS é contínuo e tem sido substancialmente incrementado por força do Acordo Operativo ONS-EPE, que visa facilitar e agilizar a troca de informações entre as empresas signatárias.

f) Dessa forma, a BDCC receberá atualizações cada vez que for identificada uma quantidade de dados que justifique uma nova versão. As atualizações serão disponibilizadas na página da EPE na internet, identificadas com a data de publicação e amplamente divulgadas.

g) Uma das fontes de diferenças entre os casos de curto-circuito e de fluxo de potência da EPE são os geradores e seus transformadores elevadores. No trabalho de identificação de parâmetros do ONS citado em **(c)** e **(d)**, está incluída a obtenção desses componentes. Em geral, nos casos de fluxo de potência os geradores são conectados ao sistema através de transformadores de dois enrolamentos. No entanto, inúmeras usinas do SIN têm suas máquinas ligadas via transformadores de três enrolamentos, e os parâmetros desses componentes devem ser corretamente representados nos casos de curto-circuito.

h) Geradores ligados ao SIN via linhas radiais, que não estão representados nos casos do PDE, tiveram suas impedâncias acrescentadas às dos transformadores elevadores nos casos de curto-circuito, de forma que o efeito elétrico seja o mesmo.

i) Os geradores e respectivos transformadores elevadores são em geral representados no PDE através de um transformador equivalente e uma máquina equivalente. No caso de existirem grupos de máquinas e de transformadores com grandes disparidades de parâmetros, procurou-se agrupá-los na BDCC em conjuntos o mais coerentes possível, de modo a obter uma representação mais simples, sem discretização, e preservar ao mesmo tempo identidades de máquinas e transformadores diferentes dos demais. Esta, então, é também uma fonte de diferenças em relação ao PDE.

j) Alguns transformadores de três enrolamentos com o terciário em vazio são representados no PDE de forma simplificada, com apenas dois enrolamentos. Tal simplificação, quando feita corretamente, não altera resultados de simulações de fluxos de potência, porém introduz erros nas de curto-circuito. Muitos desses transformadores já foram identificados e estão corretamente representados na BDCC.

k) As impedâncias mútuas entre circuitos estão representadas apenas em parte nesta versão da BDCC. Essas informações são obtidas do ONS e, além dos problemas já apontados em **(d)**, outra questão dificulta enormemente o trabalho: para indicar o acoplamento parcial de linhas de transmissão, tradicionalmente criam-se barras auxiliares seccionando as linhas em questão em dois ou mais trechos, e a identificação dessas barras auxiliares tem retardado o trabalho de identificação das impedâncias mútuas.

l) Os dados das proteções de capacitores série de linhas de transmissão estão também presentes na BDCC. Tais dados foram obtidos diretamente dos agentes proprietários dos

equipamentos e incluem informações sobre os ajustes feitos no campo. Essas informações são essenciais para a correta modelagem da atuação dessas proteções no programa ANAFAS.

m) Todas as informações conhecidas sobre os disjuntores de menor capacidade de interrupção por barramento estão incluídas nos dados de barras da BDCC.

n) A manipulação dos dados para o acoplamento das redes de sequências positiva e zero, e para a introdução dos dados de geradores é feita de forma automática, através de macroinstruções programadas em planilhas do aplicativo EXCEL. Tal procedimento, além de minimizar a introdução de erros pelo fator humano, ainda permite uma organização dos dados que facilita verificações e consultas, notadamente nos dados de circuitos. Nesses dados, as informações aparecem na seguinte sequência:

I. Linhas de transmissão, listadas em ordem decrescente da tensão de operação e, em seguida, número crescente de área.

II. Transformadores de três enrolamentos, com e sem geradores associados, em ordem decrescente da tensão mais elevada. Cada transformador tem todos os seus enrolamentos e máquinas, se for o caso, em um bloco contínuo: as ligações dos lados das tensões alta, média e baixa para o ponto fictício interno são listadas em sequência. Em seguida, vem a ligação do ponto fictício para a referência (terra), resultante da existência da ligação em triângulo de pelo menos um dos três enrolamentos. Os parâmetros das máquinas ligadas a quaisquer enrolamentos são listados em seguida. O critério secundário de ordenação é também o número crescente da área.

III. Transformadores de dois enrolamentos, com e sem geradores associados, em ordem decrescente da tensão mais elevada e mesmo critério secundário acima. As informações sobre os geradores, quando houver, vêm em seguida ou, se o transformador tiver ligação estrela-triângulo, após a ligação do lado ligado em estrela para a referência.

o) O usuário que quiser comparar valores de curto-circuito entre casos correspondentes da EPE e do ONS encontrará muitas vezes resultados diferentes. Essas diferenças são atribuídas aos fatores abaixo relacionados e comentados.

- I. Diferenças de topologia causadas por fatores diversos: Um sistema elétrico com a extensão do SIN, composto por dezenas de Agentes, manipula uma quantidade de informações muito grande, usada para a representação do sistema em programas de simulação de desempenho. Tais informações são passadas pelos Agentes à EPE e ao ONS, normalmente por equipes técnicas diferentes, para compor suas bases de dados para estudos diversos. Ao longo desse processo, podem ocorrer diferenças nas representações da EPE e do ONS. A investigação e a compatibilização dessas diferenças fazem parte da atividade de manutenção da BDCC, e as desigualdades encontradas serão prontamente corrigidas e a base correspondente atualizada. Ainda no tópico das diferenças de topologia, os variados níveis de detalhamento nas representações do sistema elétrico também contribuem para o problema.
- II. Impedâncias mútuas: Conforme comentado em (k), esses componentes estão representados apenas parcialmente na versão atual da BDCC.

A equipe da STE/EPE reitera sua expectativa de receber contribuições dos usuários, tais como sugestões, reclamações, informações sobre discrepâncias ou erros encontrados, enfim, quaisquer manifestações dos que vierem a fazer uso da BDCC. Essas contribuições serão de inestimável valor para o aprimoramento da Base de Dados e, com a presteza possível, todas serão respondidas. Conforme já divulgado anteriormente, os contatos com a equipe EPE podem ser feitos através do endereço curto.circuito@epe.gov.br.

Rio de Janeiro, julho de 2019.

Superintendência de Transmissão de Energia - STE

Diretoria de Estudos de Energia Elétrica - DEE

Empresa de Pesquisa Energética - EPE