



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Bauru/Sorocaba

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
DISCIPLINA DE SMART GRIDS

William Hertz Ganzenmüller

Análise da Rede de Energia de 69 Barras utilizando o Simulador OpenDss na Interface com Python

Prof. Dr. Juan Carlos Cebrian Amasifen
Prof. Dr. Helmo Kelis Morales Paredes

Sorocaba – SP

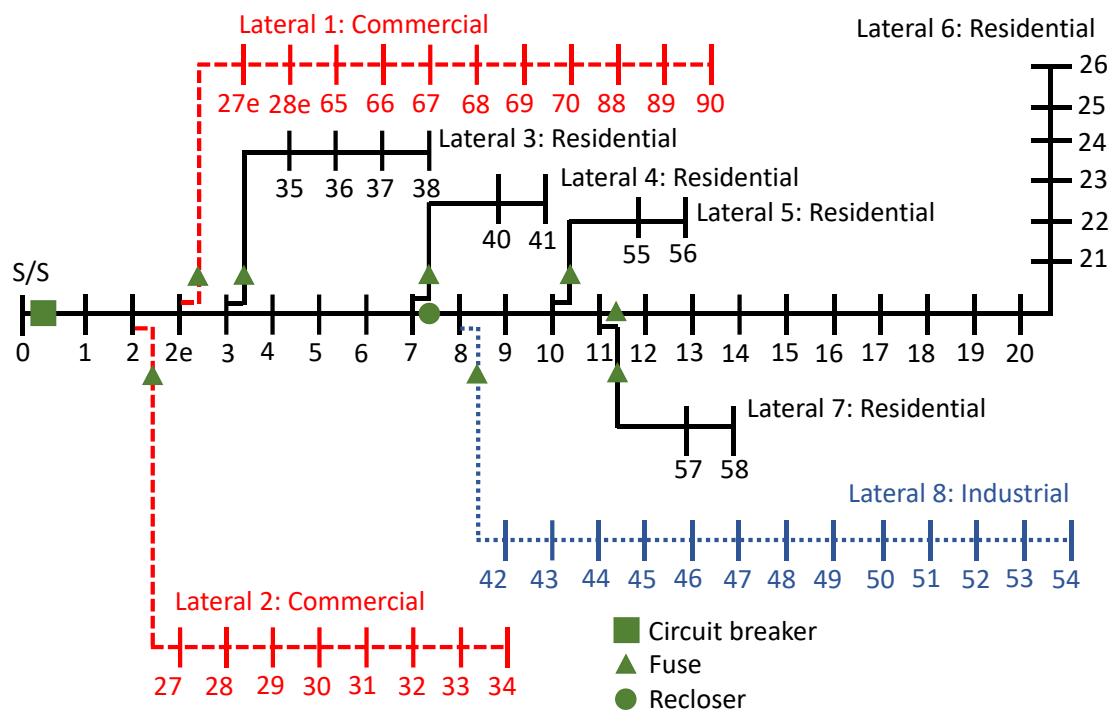
2021

1. Atividade proposta

Baseado em uma rede de distribuição de energia com 69 Barras apresentada na Fig. 1:

- Realizar o diagnóstico da rede: perfil de tensão, perdas, etc.
- Propor alternativas para melhorar o desempenho da rede
- Apresentar um relatório em html.

Figura 1: Rede de Distribuição com 69 Barras



2. Metodologia:

A análise do fluxo de potência, tensões e perdas foi realizada utilizando o software de simulação OpenDSS 9.3.0.2 com a interface do Python 2.7.16 através da interface COM. Para auxiliar nas análises dos resultados foram o software Excel para organização dos dados e geração de gráficos comparativos de desempenho.

3. Análise e Resultados:

Efetuando uma primeira análise no simulador OpenDSS obteve-se os seguintes resultados:

Dados da Barra de Geração:

Ativa (kVA)	Reativa (kvar)	Fator de Potência
504,8	-316,4	0,7792

Perdas Totais:

Linha (kW)	Transformador (kW)	Total (kW)
71,3	1,0	72,3

Perdas na Linha com relação as cargas:

Potência na Carga (kW)	Perdas na Rede(%)
1107,9	6,52

Considerando os dados obtidos e sendo identificado um baixo fator de potência de 0,77, foi realizado uma análise do perfil das cargas com o objetivo de reduzir as perdas com os reativos circulantes na rede de distribuição e, assim adicionar bancos de capacitores para efetuar a devida compensação dos reativos indutivos. A análise do fluxo de potência nas cargas se resume em fazer uma classificação por grupo de cargas, avaliação da concentração de cargas por cada uma das principais barras em relação a potência total das cargas e, a influência do respectivo fator de potência da barra no sistema de distribuição.

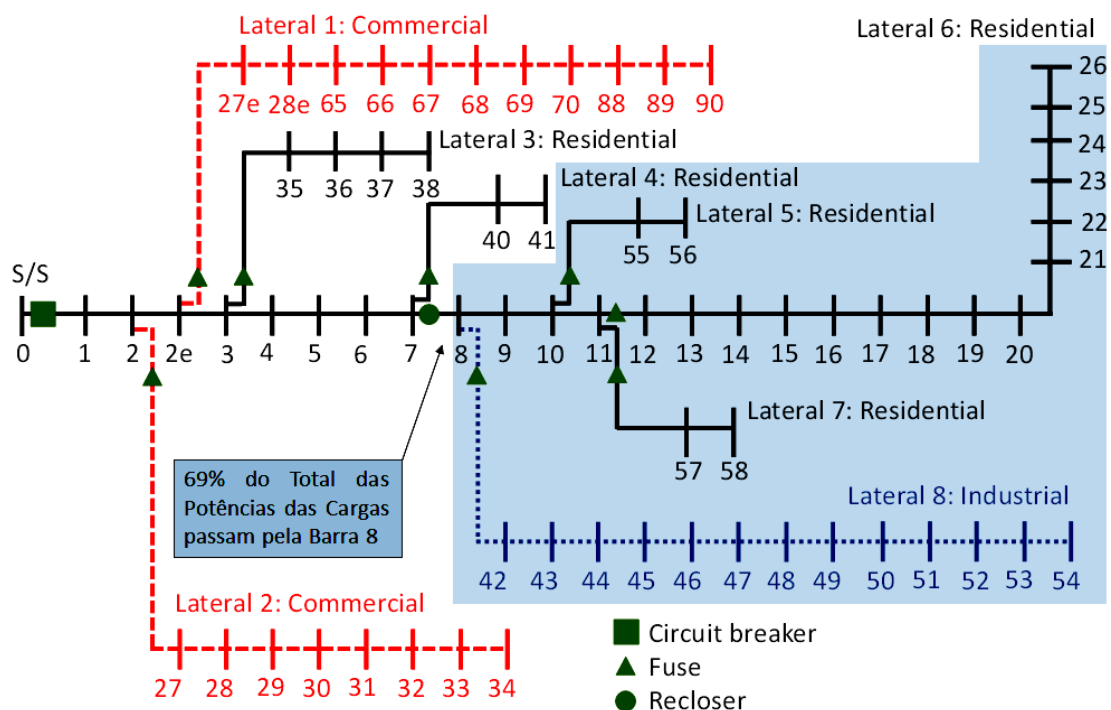
Efetuando a compilação da análise das potências das cargas, pode-se verificar que 69% das cargas estão conectadas a barra 8 do sistema e possui um fator de potência resultante de 0,80. Desta forma ao adicionar o banco de capacitor nesta barra, efetuará uma melhoria significativa na rede de distribuição com relação as perdas oriundas a circulação de potência reativa. Olhando para a população de cargas antecessoras a barra 8, identifica-se um percentual de 31% das cargas, podendo estas serem estudadas em um segundo momento. O resumo percentual da concentração de cargas nas barras principais pode ser visto na Tabela 1 e sua apresentação na Figura 02.

Tabela 1: Concentração de cargas por Barra

Barra:	S (KVA)	P (kW)	Q (kvar)	FP	% Carga total	% Capacitor
Bus2	1456,00	1107,91	897,93	0,76	100%	31,0%
Bus2e	1418,84	1077,57	876,46	0,76	97%	29,2%
Bus3	1356,30	1035,69	833,35	0,76	93%	26,0%
Bus7	1052,77	838,56	620,86	0,80	72%	4,6%
Bus8	1004,19	798,96	592,72	0,80	69%	0,0%
Bus10	294,34	240,05	170,32	0,82	20%	
Bus11	220,02	179,55	127,15	0,82	15%	

Fonte: Próprio Autor

Figura 2: Concentração de cargas na Barra 8



Para compensar as potências reativas, foi adicionado um banco de capacitor de 970kvar, obtendo assim um fator de potência de 1 no gerador e a redução de 22,5% da potência total consumida no gerador:

Potência Consumida na Barra de Geração:

	Aparente (kVA)	Reativa (kvar)	Fator de Potência:
Inicial:	504,8	-316,4	0,7792
Com Capacitor	390,8	0,1	1,0

Perdas Totais: Redução de 10,9% das perdas nas rede de distribuição.

	Linha (kW)	Transformador (kW)	Total (kW)
Inicial:	71,3	1	72,3
Com Capacitor	63,5	1	64,5

Perdas na Linha com relação as cargas:

Potência na Carga (kW)	Perdas na Rede(%)
1107,9	5,82

Realizando uma análise mais detalhada sobre a contribuição de cada carga individual em relação ao total das potências das cargas instaladas, identificou-se uma carga conectada na barra 50 que representa 35% da potência total das cargas e possui um fator de potência de 0,81. Desta forma foi considerado a opção de fazer uma melhoria na linha, adicionando um banco de capacitor na barra 50 de 420 kvar e redimensionado o banco de capacitores da barra 8 para 583 kvar. Segue abaixo os resultados da simulação:

Potência Consumida na Barra de Geração:

	Aparente (kVA)	Reativa (kvar)	Fator de Potência:
Inicial:	504,8	-316,4	0,7792
Com Capacitor	390,8	0,1	1,0
Com 2 Capacitores	385	0,1	1,0

Perdas Totais: Redução de 10,9% das perdas nas rede de distribuição.

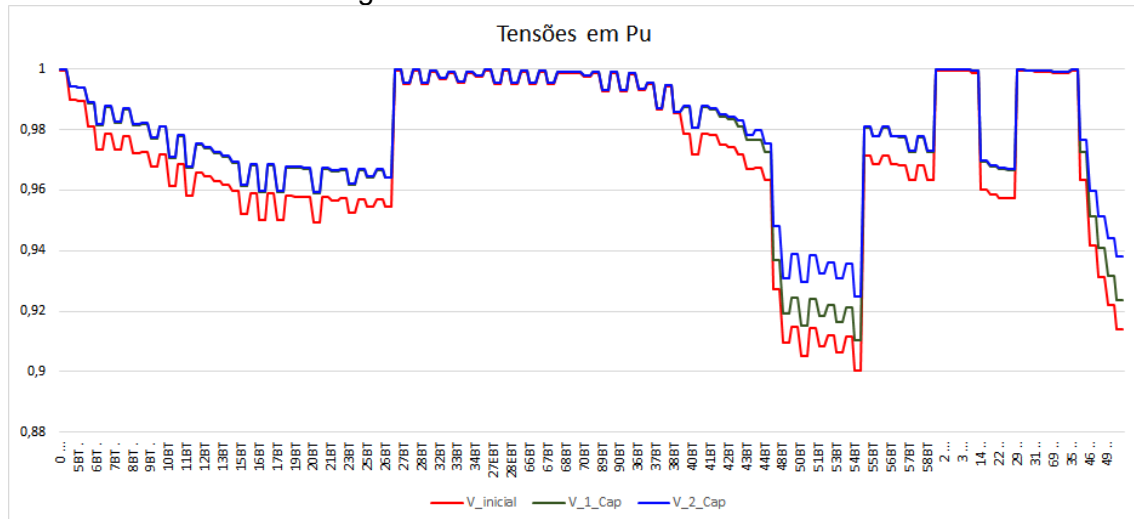
	Linha (kW)	Transformador (kW)	Total (kW)
Inicial:	71,3	1	72,3
Com Capacitor	63,5	1	64,5
Com 2 Capacitores	47,2	0,9	47,2

Perdas na Linha com relação as cargas:

Potência na Carga (kW)	Perdas na Rede(%)
1107,9	4,26

Para finalizar as análises foi realizado um comparativo das medições das tensões elétricas nas barras, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 03, nota-se uma melhoria no nível das tensões em alguns pontos adicionar os bancos de capacitores, principalmente na barra 50 que se trata da barra que a carga com maior demanda de carga instalada, representando 35% da carga total e inicialmente tinha um baixo fator de potência de 0,81 passando para 0,99 após a adição dos bancos de capacitores.

Figura 3: Tensões nas Barras em Pu



Fonte: Próprio autor

4. Conclusão

Os resultados demonstraram que a otimização na linha de transmissão pode ser obtida por meio da compensação de reativos. Na primeira ação de otimização, adicionando um banco de capacitor em uma única barra que alimentava 69% das cargas, foi identificado uma redução de 22,5% da potência total consumida no gerador. A simulação após a compensação ser realizada nas barras 8 e 50, apresentou resultado similar a simulação anterior no consumo de potência da fonte geradora e resultados mais satisfatórios com relação as perdas na linha de transmissão, que inicialmente era de 6,52% em relação a potência da carga instalada, reduzindo para 5,82% adicionando o banco de capacitores em uma barra e reduzindo o percentual para 4,26% adicionando os bancos de capacitores em duas barras. Na análise das tensões notou-se uma melhoria em alguns pontos, principalmente aonde está alocado a carga de maior demanda do sistema. Desta forma pode ser concluído que um balanceamento otimizado de bancos de capacitores adicionados nas barras de maior demanda, pode alcançar otimizações significativas na redução das perdas.

5. Bibliografia

- [1] A. N. d. E. E. -. ANEEL, "Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST - Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica," ANEEL, Brasil, 2020.
- [2] NETA, R. M. D. L., "Análise dos impactos do carregamento de veículos elétricos na qualidade de energia em redes de distribuição.," Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife / PE, 2014.

6. Anexos:

Programa principal utilizado no OpenDSS:

```
// -----//
// Name:
// William Hertz Ganzenmuller
// Vinicius Martello
// João Frederico
// -----//

Clear

// Equivalente de Thevenin

New Circuit.Red69 bus1=0 basekv=12.66 pu=1.00 phases=3 mvasc3=3000 mvasc1=2500 ! Barra infinita

Redirect 69_Trafo.dss
Redirect 69_LoadShape.dss
Redirect 69_LineCodes.dss
Redirect 69_Lines.dss
Redirect 69_Loads.dss
Redirect 69_ProtectedDevices.dss

//Melhoria com um capacitor
//New Capacitor.B10 Bus1= 8 kV= 12.66 kvar=970

//Melhoria com dois capacitores
New Capacitor.B10 Bus1= 8 kV= 12.66 kvar=583
New Capacitor.B50 Bus1= 50 kV= 12.66 kvar=420

// Medidor
//New energymeter.medidor element=Transformer.Trafo terminal=1
New energymeter.medidor element=transformer.trafo_5 terminal=1

//Definindo as Tensões de Base
Set voltagebases = [12.66 0.44 0.22]
calcVoltagebases

set mode=snap
//set mode=daily
//set stepsize = 1h
//set number = 24

Solve
```

Programa Utilizado no Python:

```
# coding: utf-8

import win32com.client
import matplotlib.pyplot as plt
from pylab import *

class DSS():

    def __init__(self, end_modelo_DSS):

        self.end_modelo_DSS = end_modelo_DSS

        # Criar a conexão entre Python e OpenDSS
        self.dssObj = win32com.client.Dispatch("OpenDSSEngine.DSS")
```

```

# Iniciar o Objeto DSS
if self.dssObj.Start(0) == False:
    print "Problemas em iniciar o OpenDSS"
else:
    # Criar variáveis para as principais interfaces
    self.dssText = self.dssObj.Text
    self.dssCircuit = self.dssObj.ActiveCircuit
    self.dssSolution = self.dssCircuit.Solution
    self.dssCktElement = self.dssCircuit.ActiveCktElement
    self.dssBus = self.dssCircuit.ActiveBus

def versao_DSS(self):

    return self.dssObj.Version

def compile_DSS(self):

    # Limpar informações da última simulação
    self.dssObj.ClearAll()

    self.dssText.Command = "compile " + self.end_modelo_DSS

def solve_DSS_snapshot(self, multiplicador_carga):

    # Configurações
    self.dssText.Command = "Set Mode=SnapShot"
    self.dssText.Command = "Set ControlMode=Static"

    # Multiplicar o valor nominal das cargas pelo multiplicador_carga
    self.dssSolution.LoadMult = multiplicador_carga

    # Resolve o Fluxo de Potência
    self.dssSolution.Solve()

def get_resultados_potencia(self):
    self.dssText.Command = "Show powers kva elements"

def plot_tensao(self):
    Va = self.dssCircuit.AllNodeVmagPUByPhase(1)
    plt.plot(["A", "B", "C", "D"], Va)

def get_nome_circuit(self):

    return self.dssCircuit.Name

def get_potencias_circuit(self):

    p = -self.dssCircuit.TotalPower[0]
    q = -self.dssCircuit.TotalPower[1]

```



```

        return p, q

if __name__ == "__main__":
    print """"Simulacao 69 Barras \n""""

    # Criar um objeto da classe DSS
    objeto = DSS(r"C:\Opendss_atividade\master69.dss")

    print u"Versão do OpenDSS: " + objeto.versao_DSS() + "\n"

    # Resolver o Fluxo de Potência
    objeto.compile_DSS()
    objeto.solve_DSS_snapshot(1.0)

    # Arquivo de Resultado
    objeto.get_resultados_potencia()

    # Informações do elemento Circuit
    p, q = objeto.get_potencias_circuit()
    print u"Nosso exemplo apresenta o nome do elemnto Circuit: " + objeto.get_nome_circuit()
    print u"Fornece Potência Ativa: " + str(p) + " kW"
    print u"Fornece Potência Reativa: " + str(q) + " kvar \n"

```