DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE



EFICIENTES PARA MELHORIA DE DESEMPENHO

DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO

A.  P.  Feltrin,  I.  F.  E.  D.  Denis,  J.  R.  S.  Mantovani,  L.  G.  W.  Silva,  R.  A.  F.  Pereira,  R.  A.  R.  Lázaro,  FEPISA

F.  C.  Spada,  G.  C.  Novelli,  H.  C.  Louzada,  L.  T.  Bonavena,  R.  Y.  Okuyama,  GRUPO  REDE

*Resumo***–  Este  Software  identifica  maneiras  de  melhorar  o**

**desempenho  das  redes  de  distribuição,  conseguida  através  da**

**redução  das  perda  de  faturamento  pela  diminuição  das  inter-**

**rupções,  obtida  através  de  sistemas  de  proteção  mais  seletivos,**

**também,  por  calcular  as  perdas  em  alimentadores  de  distribui-**

**ção  identificando  alternativas  para  a  sua  redução,  mantendo  a**

**qualidade  do  serviço  prestado.  Estas  tarefas  são  realizadas  de**

**maneira  automática,  através  da  utilização  de  ferramentas  com-**

**putacionais  desenvolvidas  para  análise  de  sistemas  de  distribui-**

**ção  de  energia.  O  software  básico  desenvolvido  para  análise  das**

**perdas,  consiste  do  cálculo  do  fluxo  de  potência  trifásico,  que**

**permite  identificar,  inclusive,  o  efeito  do  desequilíbrio  de  car-**

**gas,  associado  a  este  cálculo  são  desenvolvidas  rotinas  para**

**alocação  de  capacitores  e  reconfiguração  de  redes  de  distribui-**

**ção.  Visando,  ainda,  uma  melhoria  no  atendimento,  foram  de-**

**senvolvidos  cálculos  automáticos  da  proteção  com  relés  de  so-**

**brecorrente  e  elos  fusíveis.**

***Palavras-chave*—  Sottwares  de  Perdas  Elétricas,  Seletivida-**

**de,  Alocação  de  Capacitores,  Fluxo  de  Potência;  Qualidade  da**

**Energia;  Reconfiguração  de  Redes.**

I.  INTRODUÇÃO

1.  O  desenvolvimento  dos  softwares  relacionados  neste  pro-

jeto  são  ferramentas  de  trabalho  numa  Concessionária  de

Distribuição  de  Energia  Elétrica  que  são  muito  úteis  e  po-

dem  promover  uma  melhor  e  correta  utilização  de  seus  re-

cursos  e  equipamentos,  além  de  proporcionar  uma  resposta

mais  rápida  aos  estudos  de  simulação  ou  mesmo  de  respostas

à  situações  reais.  O  que  pode  imprimir  uma  grande  agilidade

e  versatilidade  às  necessidades  das  Distribuidoras,  que  sem-

pre  estão  às  voltas  com  estudos  de  viabilidade  técnica-

econômica.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Apoio financeiro cooperativo das Concessionárias:

EEVP – Empresa de Eletricidade Vale Paranapanema S.A.

CNEE – Companhia Nacional de Energia Elétrica.

Participantes:

Herivelto Calles Louzada trabalha na EEVP

Leandro Tomozaki Bonavena trabalha na EEVP

Marcelo Henrique Iunes Silva trabalha na CNEE

Giuliano Canno Novelli trabalha na CNEE

Fábio Canozzo Spada trabalha na CNEE

Roberto Yutaka Okuyama trabalha para o Grupo Rede

(E-mail: [roberto.yutaka@redecaiua.com.br);](../../../../WINDOWS/TEMP/roberto.yutaka@redecaiua.com.br)

Antonio Padilha Feltrin trabalha na UNESP

(E-mail: [padilha@dee.feis.unesp.br);](mailto:marcelo@lactec.org.br)

José Roberto Sanches Mantovani trabalha na UNESP

Ruben Augusto Romero Lázaro trabalha na UNESP

Iara Fernanda Ehrenberg Dossi Denis da UNESP

Rodrigo Aparecido Fernandes Pereira da UNESP

Luis Gustavo Wesz da Silva da UNESP.

2.  Este  projeto  representa  o  desenvolvimento  de  pesquisa  em

parceria  entre  a  Universidade  e  Empresas.  É  um  caminho

bastante  interessante  para  solucionar,  através  da  pesquisa  e

desenvolvimento,  problemas  reais  das  empresas,  e  ainda

propiciar  a  aplicação  de  recursos  nas  Universidades  para

melhoria  de  infra-estrutura  e  formação  de  pessoal  qualifica-

do.

3.  O  estudo  dos  circuitos  da  rede  primária  e  secundária  traz

um  avanço  significativo  para  o  desempenho  da  Concessioná-

ria.

4.  Inclusive  poderemos  num  breve  futuro  ter  estes  programas

técnicos  perfeitamente  entrosados  com  os  bancos  de  dados

do  sistema  de  faturamento,  o  que  nos  possibilitará  variadas

simulações,  pois  este  software  será  interligado  ao  banco  de

dados  do  faturamento  que  por  sua  vez  será  o  responsável  por

disponibilizar  os  dados  de  consumo  mensais  que  servirão  de

base  para  a  elaboração  de  projeções  para  os  anos  seguintes,

com  as  alternativas  de  simulações  futuras,  e  portanto,  com

reduzidíssimo  trabalho  de  digitação.

5.  E  também  servirá  de  base  para  o  desenvolvimento  de  ou-

tros  softwares  que  também  tratem  do  planejamento  dos  cir-

cuitos  secundários,  primários,  ou  seja,  das  redes  de  distribu-

ição,  subestações  e  linhas  pertencentes  às  Distribuidoras,

sendo  a  melhor  condição  para  o  estudo  do  Planejamento  da

Distribuição.

6.  Tais  recursos  irão  permitir  que  sejam  estudadas  várias

alternativas,  dentro  de  um  planejamento  de  curto,  médio  e

longo  prazos  com  cálculos  de  retorno  do  investimento  e  con-

seqüências  da  não  execução,  afim  de  que  se  possa  efetuar

uma  melhor  análise  econômica  e  assim  priorizar  os  investi-

mentos  da  Concessionária.

II.  CARACTERÍSTICAS

O  desenvolvimento  computacional  completo  está  dividido

nas  seguintes  etapas:

•  estudos  básicos  para  conhecimento  dos  alimentadores  e  da

situação  atual  da  rede  da  concessionária;

•  execução  do  programa  desenvolvido  para  o  cálculo  de

fluxo  de  potência  monofásico  e  trifásico;

•  estudo  da  proteção  e  execução  do  programa  desenvolvido

para  realizar  a  seletividade;

•  utilização  da  rotina  para  cálculo  de  perdas  elétricas  em

redes  de  distribuição;

63\_CITENELfepisa\_R1 1ª página de 4

•  execução  da  rotina  de  alocação  ótima  de  capacitores  no



programa  de  fluxo  de  potência;

•  execução  da  rotina  para  reconfiguração  ótima  de  redes  de

distribuição;

III.  SOFTWARES

Os  softwares  são  apresentados  nos  seguintes  módulos:

*A.  MÓDULO  PROTEÇÃO*:

Que  realiza  o  cálculo  de  correntes  de  curto  circuito,  alo-

cação  dos  dispositivos  de  proteção  e  seletividade.  O  conteú-

do  apresentado  neste  módulo  refere-se  às  regras  de  coorde-

nação,  seletividade  e  à  metodologia  proposta  e  desenvolvida

para  a  implementação  do  programa  em  linguagem  Fortran

para  executar  os  cálculos  das  correntes  simétricas  e  assimé-

tricas  de  curto-circuito,  e  também  para  a  implementação  da

interface  gráfica  em  linguagem  Visual  Basic,  facilitando

assim  a  interação  usuário-software.

!*Cálculo  das  Correntes  Simétricas  e  Assimétricas  de*

*Curto  Circuito.*

A  metodologia  utilizada  para  a  elaboração  do  programa,

foi  a  do  cálculo  de  correntes  de  curto-circuito  em  sistemas

desequilibrados,  que  trata  o  sistema  desequilibrado  como

três  sistemas  equilibrados,  sendo  um  de  seqüência  positiva,

um  de  seqüência  negativa,  que  para  sistemas  de  distribuição

radiais  as  matrizes  de  seqüência  positiva  e  negativa  são  i-

guais,  e  um  de  seqüência  zero,  juntamente  com  conceitos  de

programação  computacional  para  linguagem  de  alto  nível,

que  prevê  os  curtos  fase-terra;  fase-fase;  com  uma,  duas  e  as

três  fases,  com  e  sem  contato  com  a  terra,  utilizando  matri-

zes  de  admitância  da  falta,  inclusive  com  as  contribuições  de

correntes  provenientes  de  barras  adjacentes  à  barra  sob  falta

!*Interface  Gráfica*.

A  interface  gráfica  foi  desenvolvida  para  proporcionar  um

ambiente  amigável  ao  usuário.  Nela  existe  uma  barra  de  me-

nus  contendo  cinco  menus  com  as  mais  variadas  opções  para

auxiliar  o  trabalho  do  usuário.

!*Coordenação  e  Seletividade  da  Proteção.*

Na  elaboração  de  projetos  de  proteção  em  sistemas  aéreos

de  distribuição,  deve-se  levar  sempre  em  consideração  que  o

aspecto  da  proteção  de  materiais  e  equipamentos  é  um  dos

objetivos,  mas  não  se  constitui  em  sua  finalidade  única.

Considere-se  que  esse  objetivo,  em  principio,  já  deve  ter

sido  atingido  no  âmbito  dos  esquemas  de  proteção  da  subes-

tação  e,  portanto,  a  proteção  de  distribuição  pode  dar  ênfase

ao  aspecto  da  continuidade  do  suprimento,  evitando  que  uma

falha  tenha  um  envolvimento  muito  grande  em  termos  de

carga  e/ou  consumidores  atingidos,  além  de  procurar  reduzir

os  tempos  de  localização  dessa  falha  e  de  reposição  do  sis-

tema  em  serviço.  Para  minimizar  os  efeitos  produzidos  pelas

correntes  de  falhas,  é  comum  o  uso  dos  seguintes  equipa-

mentos:  Corta-Circuitos  ou  Chaves-Fusíveis;  Elos-Fusíveis;

Religadores  Automáticos;  Seccionadores  Automáticos; e

Relês  dos  Disjuntores.

*Coordenação  Elo-Fusível  x  Elo-Fusível:*  Pode-se  também

determinar  os  valores  limites  de  coordenação  pelas  curvas

de  tempo  x  corrente  dos  elos-fusíveis,  lembrando-se  de  que  a

coordenação  é  satisfatória,  quando  o  tempo  total  de  inter-

rupção  do  elo-fusível  protetor  não  exceder  75%  do  tempo

mínimo  de  fusão  do  fusível  protegido.  É  prevista  uma  coor-

denação  satisfatória  entre  elos-fusíveis  do  tipo  K  até  uma

corrente  igual  a  13  vezes  a  nominal  do  elo-fusível  protegido,

tanto  entre  os  elos  preferenciais  adjacentes,  como  entre  elos

não-preferenciais  adjacentes.

*Coordenação  Elo-Fusível  x  Religador:*  Sistemas  Trifási-

cos  a  Três  Fios  Efetivamente  ou  Não-Efetivamente-Aterrado

para  esses  dois  tipos  de  sistemas,  a  coordenação  entre  equi-

pamentos  de  proteção  é  efetuada  com  base  na  análise  de  suas

características  de  tempo  x  corrente,  de  modo  a  obter  a  ope-

ração  seletiva  dos  mesmos,  quando  ocorrer  uma  falha  na

rede.

Para  se  obter  a  coordenação  entre  religador  e  fusível,  é

desejável  que  a  corrente  de  curto-circuito  fase-fase  mínima,

a  jusante  do  fusível,  seja  maior  que  a  corrente  mínima  de

disparo  de  fase  do  religador.  Entretanto,  se  esta  condição

não  for  satisfeita,  a  coordenação  deverá  ser  garantida  dentro

da  zona  de  proteção  do  religador.

A  melhor  coordenação  entre  o  religador  e  os  elos-fusíveis

é  obtida,  ajustando-se  o  religador  para  duas  operações  rápi-

das,  seguidas  de  duas  operações  lentas.

Sistemas  com  Neutro  Isolado  os  critérios  para  coordena-

ção  em  sistemas  com  neutro  isolado  são  idênticos  aos  usados

em  sistemas  com  neutro  aterrado  através  da  impedância,

exceto  no  que  diz  respeito  à  coordenação  de  neutro.

Em  sistemas  com  neutro  isolado,  não  é  viável  a  utilização

de  dispositivo  de  proteção  a  sobrecorrentes  de  neutro.  Em

conseqüência,  recomenda-se  o  uso  de  dispositivo  de  prote-

ção  por  tensão  residual,  composto  de  três  transformadores

de  potencial,  ligados  em  residual,  e  uma  bobina  de  tensão

ligada  aos  terminais  do  delta  residual.  A  bobina  de  tensão

pode  comandar  a  operação  de  um  equipamento  de  abertura

ou,  simplesmente,  acionar  um  alarme,  indicando  a  existência

de  uma  falha  fase-terra.

Sistemas  Trifásicos  a  Quatro  Fios  para  este  tipo  de  siste-

ma,  os  critérios  a  adotar  na  coordenação  são  os  mesmos  do

sistema  trifásico  a  três  fios,  devendo,  no  entanto,  ser  levado

em  conta  que  o  elo  protegido  deve  coordenar  com  o  religa-

dor,  no  caso  de  coordenação  fusível-religador,  pelo  menos

para  o  valor  da  corrente  de  curto-circuito  fase-terra  no  ponto

de  instalação

O  curto-circuito  fase-terra  franco  é  possível  de  ocorrer,

uma  vez  que  o  condutor  neutro  é  contínuo  e  interligado  à

malha  de  terra  da  subestação.  Se  o  uso  dessa  prática  ocasio-

nar  a  escolha  de  elos  que  venham  a  provocar  perda  de  seleti-

vidade  na  proteção  do  sistema,  deve  ser  reduzida  a  corrente

nominal  dos  elos,  nunca  ultrapassando,  porém,  as  condições

impostas  para  o  sistema  trifásicos  a  três  fios.

*Coordenação  Fusível  –  Relê:*  A  seletividade  estará  asse-

gurada,  quando  os  ajustes  de  tap  e  a  curva  de  tempo  forem

tais  que:

Seja  mantido  um  mínimo  de  0,4  segundos  de  diferença

entre  as  curvas  características  tempo  x  corrente  dos  relês  do

disjuntor  geral  e  do  disjuntor  do  alimentador.

A  curva  característica  tempo  x  corrente  do  relê  de  fase

deve  ficar,  no  mínimo,  0,2  segundos  acima  da  curva  do  tem-

po  total  de  interrupção  do  fusível,  em  toda  a  faixa  de  coor-

denação.

63\_CITENELfepisa\_R1 2ª página de 4

**Thank you for using Wondershare PDFelement.**



**You can only convert up to 5 pages in the trial version.**

**To get the full version， please purchase the program here:**

[*http://cbs.wondershare.com/go.php?pid=973&m=db*](http://cbs.wondershare.com/go.php?pid=973&m=db)