

Introdução



Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST

Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica

✓ A agência reguladora, ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), define limites aceitáveis para os **níveis de tensão e fator de potência** através do Módulo 8 - Qualidade da Energia Elétrica do PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional)

✓ Uma das principais preocupações de empresas de distribuição de energia é garantir a **qualidade do produto**

Revisão	Motivo da Revisão	Instrumento de aprovação pela ANEEL	Data de vigência
0	Primeira versão aprovada (após realização da AP 014/2008)	Resolução Normativa nº 345/2008	De 31/12/2008 a 31/12/2009
1	Revisão 1 (após realização da AP 033/2009)	Resolução Normativa nº 395/2009	De 01/01/2010 a 31/12/2010
2	Revisão 2 (após realização da AP 046/2010)	Resolução Normativa nº 424/2010	De 01/01/2011 a 05/09/2011
3	Revisão 3 (após realização da 2ª Etapa da AP 046/2010)	Resolução Normativa nº 444/2011	De 06/09/2011 a 31/01/2012
4	Revisão 4 (após realização da AP 064/2011)	Resolução Normativa nº 469/2011	De 01/02/2012 a 31/12/2014
5	Revisão 5 (após realização da AP 093/2013)	Resolução Normativa nº 602/2014	Alterada antes da entrada em vigência
6	Revisão 6 (após realização da AP 029/2014)	Resolução Normativa nº 641/2014	De 01/01/2015 a 31/12/2015
7	Revisão 7 (após realização da AP 052/2014)	Resolução Normativa nº 664/2015	01/01/2016

✓ A Infraestrutura de Automação da Distribuição poderá dar suporte ao controle eficiente e eficaz da Qualidade da Energia Elétrica



Objetivos do Controle Volt/var

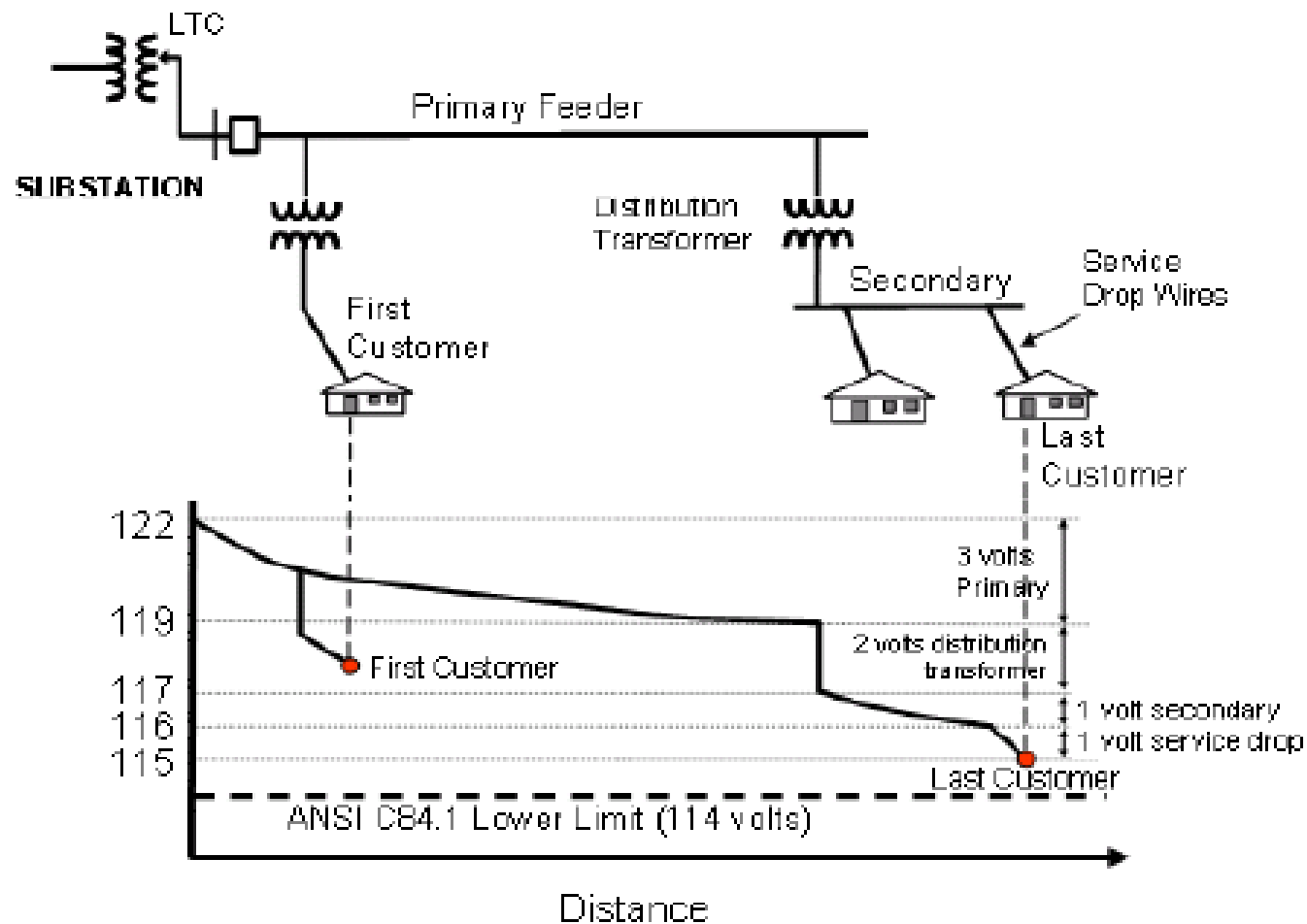
O Controle Volt/var (CVV) é um requisito de operação para qualquer sistema de distribuição de energia

Os principais objetivos do CVV são:

- Manter uma tensão aceitável em todos os pontos ao longo do alimentador em qualquer condição de carga
- Injeção de potência reativa capacitiva na linha, visando a redução da corrente e, conseqüentemente, a diminuição da queda de tensão ao longo do alimentador e redução das perdas Joule

Objetivos do Controle Volt/var

A figura abaixo ilustra a queda de tensão ao longo de um alimentador



Regulação

Tensão em Regime Permanente

✓ CONFORMIDADE DE TENSÃO ELÉTRICA

- Comparação do valor de tensão obtido por medição apropriada, no ponto de conexão, em relação aos níveis de tensão especificados como adequados, precários e críticos

✓ O Módulo 8 do PRODIST estabelece os limites, os indicadores individuais e coletivos, os critérios de medição e registro, os prazos para regularização e de compensação ao consumidor

✓ Deve ser avaliada nos pontos de conexão:

- à Rede de Distribuição
- entre distribuidoras
- com as unidades consumidoras

Regulação

Valores de referência

- ✓ Os valores de tensão obtidos por medições devem ser comparados à tensão de referência, a qual deve ser a tensão nominal ou a contratada, de acordo com o nível de tensão do ponto de conexão
- ✓ Os valores nominais devem ser fixados em função dos níveis de planejamento do sistema de distribuição de modo que haja compatibilidade com os níveis de projeto dos equipamentos elétricos de uso final
- ✓ Para cada tensão de referência, as leituras a ela associadas classificam-se em três categorias: adequadas, precárias ou críticas, baseando-se no afastamento do valor da tensão de leitura em relação à tensão de referência

Regulação

Tensão Nominal igual ou superior a 69 kV e inferior a 230 kV

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,95TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,95TR$ ou $1,05TR < TL \leq 1,07TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,07TR$

Tensão Nominal superior a 1 kV e inferior a 69 kV

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (TL) em Relação à Tensão de Referência (TR)
Adequada	$0,93TR \leq TL \leq 1,05TR$
Precária	$0,90TR \leq TL < 0,93TR$
Crítica	$TL < 0,90TR$ ou $TL > 1,05TR$

Regulação

Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (220/127)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(202 \leq TL \leq 231) / (117 \leq TL \leq 133)$
Precária	$(191 \leq TL < 202 \text{ ou } 231 < TL \leq 233) / (110 \leq TL < 117 \text{ ou } 133 < TL \leq 135)$
Crítica	$(TL < 191 \text{ ou } TL > 233) / (TL < 110 \text{ ou } TL > 135)$

Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (220/110)

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(202 \leq TL \leq 231) / (101 \leq TL \leq 116)$
Precária	$(191 \leq TL < 202 \text{ ou } 231 < TL \leq 233) / (96 \leq TL < 101 \text{ ou } 116 < TL \leq 117)$
Crítica	$(TL < 191 \text{ ou } TL > 233) / (TL < 96 \text{ ou } TL > 117)$

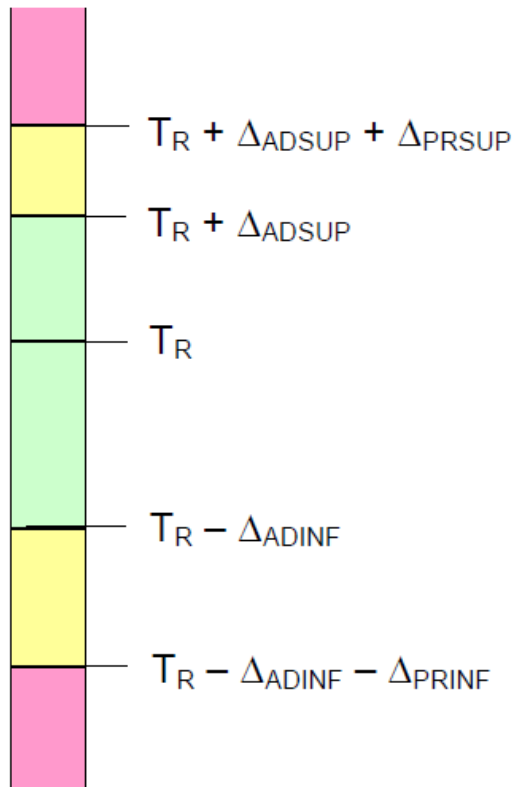
Regulação

Instrumentação e metodologia de medição

- ✓ As leituras das medições devem ser obtidas por meio de equipamentos que operem segundo o princípio da amostragem digital
- ✓ Os equipamentos de medição devem atender os seguintes requisitos mínimos:
 - a) taxa amostral: 16 amostras/ciclo
 - b) conversor A/D (analógico/digital) de sinal de tensão: 12 bits
 - c) precisão: até 1% da leitura
- ✓ Os equipamentos de medição devem permitir a apuração das seguintes informações:
 - a) valores calculados dos indicadores individuais
 - b) tabela de medição
 - c) histograma de tensão

Regulação

A tensão de atendimento associada às leituras deve ser classificada segundo faixas em torno da tensão de referência (T_R)



Tensão de Referência (T_R);

Faixa Adequada de Tensão ($T_R - \Delta_{ADINF}$, $T_R + \Delta_{ADSUP}$);

Faixas Precárias de Tensão ($T_R + \Delta_{ADSUP}$, $T_R + \Delta_{ADSUP} + \Delta_{PRSUP}$

ou $T_R - \Delta_{ADINF} - \Delta_{PRINF}$, $T_R - \Delta_{ADINF}$);

Faixas Críticas de Tensão ($>T_R + \Delta_{ADSUP} + \Delta_{PRSUP}$ ou $<T_R - \Delta_{ADINF} - \Delta_{PRINF}$);

Indicadores de Qualidade

Indicadores individuais

- ✓ O conjunto de leituras para gerar os indicadores individuais deverá compreender o registro de 1008 (mil e oito) leituras válidas obtidas em intervalos consecutivos (período de integralização) de 10 minutos cada, salvo as que eventualmente sejam expurgadas
- ✓ No intuito de se obter 1008 (mil e oito) leituras válidas, intervalos adicionais devem ser agregados, sempre consecutivamente
- ✓ O conjunto das leituras efetuadas deve ser armazenado, por no mínimo 5 (cinco) anos, inclusive os intervalos correspondentes às leituras expurgadas, para efeito de fiscalização
- ✓ Os valores eficazes devem ser calculados a partir das amostras coletadas em janelas sucessivas. Cada janela compreenderá uma sequência de doze ciclos (0,2 segundos) a quinze ciclos (0,25 segundos)

Indicadores de Qualidade

Indicadores individuais

Após a obtenção do conjunto de leituras válidas, quando de medições oriundas por reclamação ou amostrais, devem ser calculados o índice de duração relativa da transgressão para tensão precária (DRP) e o para tensão crítica (DRC) de acordo com as seguintes expressões:

$$DRP = \frac{nlp}{1008} \cdot 100 [\%] \quad DRC = \frac{nlc}{1008} \cdot 100 [\%]$$

Onde *nlp* e *nlc* representam o maior valor entre as fases do número de leituras situadas nas faixas precária e crítica, respectivamente

Indicadores de Qualidade

Indicadores coletivos

Com base nas medições amostrais efetuadas em um determinado trimestre, será calculado trimestralmente, o Índice de Unidades Consumidoras com Tensão Crítica (ICC), utilizando a seguinte fórmula:

$$ICC = \frac{N_C}{N_L} \cdot 100[\%]$$

Onde:

- N_C = total de unidades consumidoras com DRC não nulo
- N_L = total trimestral de unidades consumidoras objeto de medição

Indicadores de Qualidade

Indicadores coletivos

Para a determinação de Índices Equivalentes por Consumidor, devem ser calculados o índice de duração relativa da transgressão para tensão precária equivalente (DRP_E) e o índice de duração relativa da transgressão para tensão crítica equivalente (DRC_E), de acordo com as seguintes expressões:

$$DRP_E = \sum \frac{DRP_i [\%]}{N_L} \quad DRC_E = \sum \frac{DRC_i [\%]}{N_L}$$

onde:

- DRP_i = duração relativa de transgressão de tensão precária individual da unidade consumidora (i)
- DRC_i = duração relativa de transgressão de tensão crítica individual da unidade consumidora (i)
- $DRPE$ = duração relativa de transgressão de tensão precária equivalente
- $DRCE$ = duração relativa de transgressão de tensão crítica equivalente
- NL = número total de unidades consumidoras da amostra

Indicadores de Qualidade

Medição Amostral

- ✓ A distribuidora deve enviar trimestralmente à ANEEL, até o último dia útil do mês subsequente de cada trimestre, os valores dos indicadores individuais (DRP e DRC) obtidos das medições amostrais trimestrais
- ✓ Os indicadores devem ser apurados por meio de procedimentos auditáveis que contemplem desde a medição da tensão até a transformação dos respectivos dados em indicadores
- ✓ O indicador coletivo (ICC) será calculado pela ANEEL quando do envio dos indicadores individuais pela distribuidora
- ✓ Os indicadores individuais (DRP e DRC) deverão ser identificados por unidade consumidora

Indicadores de Qualidade

Medição Amostral

Número total de unidades consumidoras da distribuidora	Dimensão da amostra (unidades consumidoras)	Dimensão da amostra com a margem de segurança (unidades consumidoras)
$N \leq 10.000$	26	30
$10.000 < N \leq 30.000$	36	42
$30.000 < N \leq 100.000$	60	66
$100.000 < N \leq 300.000$	84	93
$300.000 < N \leq 600.000$	120	132
$600.000 < N \leq 1.200.000$	156	172
$1.200.000 < N \leq 2.000.000$	210	231
$2.000.000 < N \leq 3.000.000$	270	297
$N > 3.000.000$	300	330

Indicadores de Qualidade

Estabelecimento dos indicadores

- ✓ O valor da Duração Relativa da Transgressão Máxima de Tensão Precária – DRPM fica estabelecido em 3%
- ✓ Caso as medições de tensão, por reclamação e ou amostrais, indiquem valor de DRP superior ao DRPM, a distribuidora deverá adotar providências para regularizar a tensão de atendimento, no prazo máximo de 90 dias
- ✓ O valor da Duração Relativa da Transgressão Máxima de Tensão Crítica – DRCM fica estabelecido em 0,5%
- ✓ Caso as medições de tensão, por reclamação e ou amostrais, indiquem valor de DRC superior ao DRCM, a distribuidora deverá adotar providências para regularizar a tensão de atendimento, no prazo máximo de 30 dias

Indicadores de Qualidade

Compensação aos consumidores

- ✓ Transcorridos os prazos normais para a regularização da não conformidade, e não havido regularização dos níveis de tensão dentro dos prazos, a distribuidora deve compensar as unidades consumidoras que estiveram submetidas a tensões de atendimento com transgressão dos indicadores DRP ou DRC e aquelas atendidas pelo mesmo ponto de conexão
- ✓ A compensação deverá ser mantida enquanto o indicador DRP for superior ao DRPM e/ou o indicador DRC for superior ao DRCM
- ✓ O valor da compensação deverá ser creditado na fatura de energia elétrica do consumidor referente ao mês subsequente ao término dos prazos de regularização dos níveis de tensão

Indicadores de Qualidade

Para o cálculo da compensação deve ser utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Valor} = \left[\left(\frac{\text{DRP} - \text{DRP}_M}{100} \right) \cdot k_1 + \left(\frac{\text{DRC} - \text{DRC}_M}{100} \right) \cdot k_2 \right] \cdot k_3$$

Onde:

- $k_1 = 0$, se $\text{DRP} \leq \text{DRPM}$ e $k_1 = 3$, se $\text{DRP} > \text{DRPM}$;
- $k_2 = 0$, se $\text{DRC} \leq \text{DRCM}$
- $k_2 = 7$, para unidades consumidoras atendidas em Baixa Tensão, se $\text{DRC} > \text{DRCM}$
- $k_2 = 5$, para unidades consumidoras atendidas em Média Tensão, $\text{DRC} > \text{DRCM}$
- $k_2 = 3$, para unidades consumidoras atendidas em Alta Tensão, $\text{DRC} > \text{DRCM}$
- DRP = valor do DRP expresso em %, apurado na última medição
- $\text{DRPM} = 3 \%$
- DRC = valor do DRC expresso em %, apurado na última medição
- $\text{DRCM} = 0,5 \%$
- k_3 = valor do encargo de uso do sistema de distribuição, considerando também as demandas e energias reativas excedentes, referente ao mês de apuração

Equipamentos para controle Volt/var

- Existem muitos equipamentos utilizados nos sistemas de potência para controle de tensão e de reativos
- Nos sistemas de distribuição de energia destacam-se:
 - ✓ Banco de Capacitores
 - ✓ Transformadores com LTCs
 - ✓ Reguladores de tensão (média e baixa tensão)
 - ✓ Compensadores estáticos

Equipamentos para controle Volt/var

Banco de Capacitores

- Uma maneira de se realizar o controle Volt/var é com a utilização de bancos de capacitores instalados ao longo do alimentador
- Através da injeção de potência reativa capacitiva na linha, consegue-se elevar seu fator de potência, e em consequência disto:
 - Diminuir a corrente no circuito
 - Diminuir a queda de tensão no circuito
 - Elevar a tensão no final da linha
 - Diminuir as perdas por efeito Joule
 - Elevar a disponibilidade da rede

Equipamentos para controle Volt/var

Banco de Capacitores



Banco de capacitores da subestação



Banco de capacitores para instalação em postes



Banco de capacitores com controle automático do chaveamento

Equipamentos para controle Volt/var

Transformador com LTC

- ✓ Para compensação de eventuais variações na tensão dos sistemas de transmissão e distribuição de energia, os transformadores possuem derivações em seus enrolamentos, denominadas tapes
- ✓ A relação de transformação pode ser modificada através da alteração do número de espiras do enrolamento feita através de comutadores que operam na condição:
 - ❑ sem carga (NLTC), de acionamento manual – do tipo painel ou chave rotativa,
 - ❑ sob carga e sob tensão (OLTC – On Load Tap Changer), de acionamento automático
- ✓ OLTC é utilizado quando a comutação (e conseqüente regulação de tensão) deve ser realizada sem interrupção do fornecimento de energia e a tensão para o consumidor deve ser mantida o mais estável possível

Equipamentos para controle Volt/var

Transformador com LTC



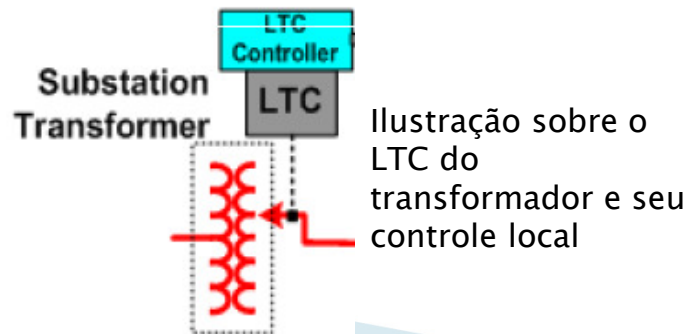
Transformador de grande porte instalado em uma Subestação



Transformador com controle de automático de TAPs na Subestação



IED para controle de TAPs



Equipamentos para controle Volt/var

Regulador de Tensão

- ✓ Os reguladores de tensão são autotransformadores elevadores/abaixadores com comutador de tensão sob carga visando a manutenção de um determinado nível de tensão
- ✓ Existem dois tipos de reguladores de tensão: *autobooster* e autotransformadores de trinta e dois degraus. Ambos são controlados automaticamente, a partir de técnicas específicas de controle

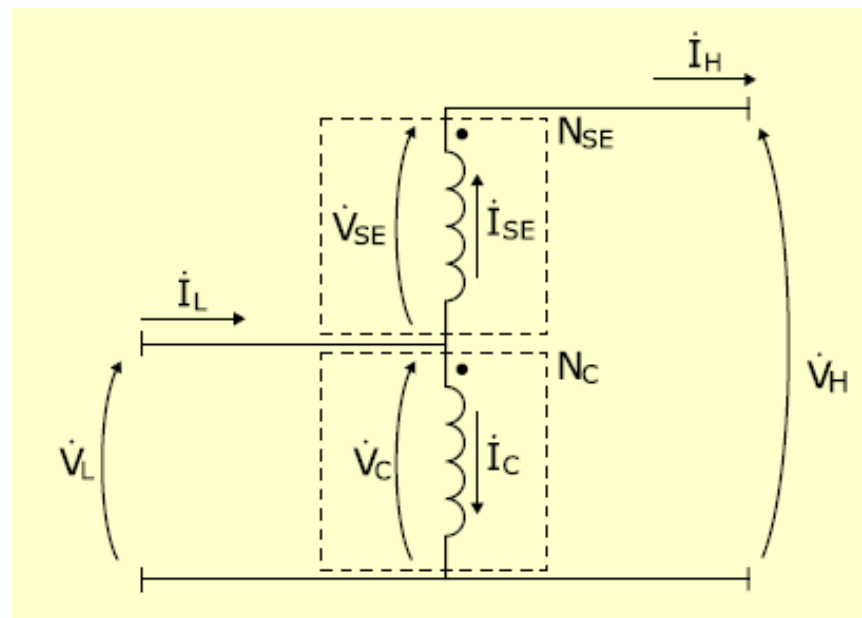


Regulador de Tensão Média Tensão

Equipamentos para controle Volt/var

Regulador de Tensão

- ✓ De um modo geral, o regulador de tensão é um autotransformador com comutação automática de tape, através de um comutador sob carga
- ✓ A figura abaixo ilustra um autotransformador elevador:



Equipamentos para controle Volt/var

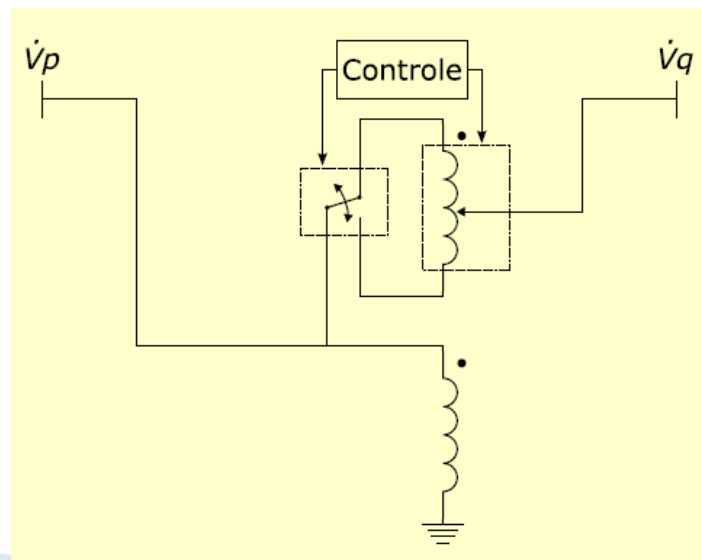
Regulador de Tensão

- ✓ Existem dois tipos de reguladores de tensão: *autobooster* e de trinta e dois degraus
- ✓ Os reguladores de tensão do tipo *autobooster* são monofásicos, de baixo custo, porém tecnicamente limitados
 - ❑ São empregados em áreas com baixa densidade de carga
- ✓ Os reguladores de tensão do tipo trinta e dois degraus normalmente são trifásicos
 - ❑ Possuem dezesseis tapes para abaixar a tensão e dezesseis tapes para elevar a tensão

Equipamentos para controle Volt/var

Regulador de tensão de trinta e dois degraus

- ✓ É possível obter uma variação de tensão em cada tape de 0,65%, totalizando uma variação de tensão de 10%
- ✓ O regulador de tensão possui um relé regulador de tensão, que monitora sua tensão de saída por meio de um TP, e decide comutar ou não o tape do equipamento, de forma a manter essa tensão próxima ao nível de tensão pré-ajustado



Regulador de tensão de trinta e dois degraus

Equipamentos para controle Volt/var

Regulador de Tensão BT – RTPBT

- ✓ O RTBT faz a função de ajustar a tensão de rede não regulada aplicada em sua entrada pela soma ou subtração de uma quantidade adequada de tensão
- ✓ Esta tensão é inserida através do secundário de um transformador Buck-Boost, fazendo com que em sua saída, na carga, a tensão permaneça dentro da faixa adequada
- ✓ O transformador Buck-Boost do RTPBT permite controlar cinco níveis diferentes de regulação de tensão por meio de dois tapes no primário sendo seu secundário dividido em dois enrolamentos

Equipamentos para controle Volt/var

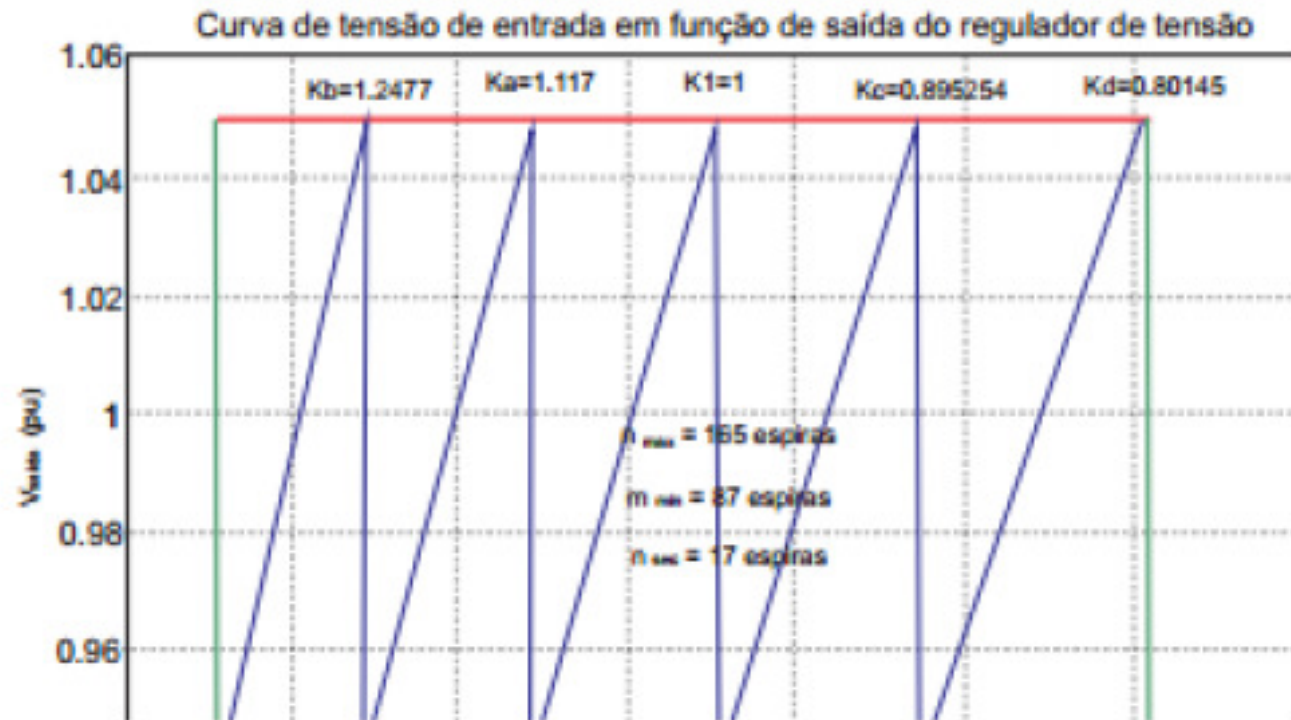
Regulador de Tensão BT – RTPBT

- ✓ O RTPBT foi projetado para ser conectado ao secundário do transformador de distribuição de um sistema de fornecimento cuja rede secundária é monofásica de 115V + 115/230V
- ✓ Cada enrolamento do secundário de 18V do transformador Buck-Boost regula individualmente cada fase de 115V (Fase-Neutro) do transformador de distribuição
- ✓ A carga recebe a tensão regulada entre a Fase1-Neutro e Fase2-Neutro
- ✓ O neutro da rede é conectado diretamente à saída
- ✓ A regulação de tensão é feita pelo acionamento das chaves estáticas, que modificam o tap do transformador de forma a manter a tensão de saída na faixa entre 110V e 120V (fase neutro)

Equipamentos para controle Volt/var

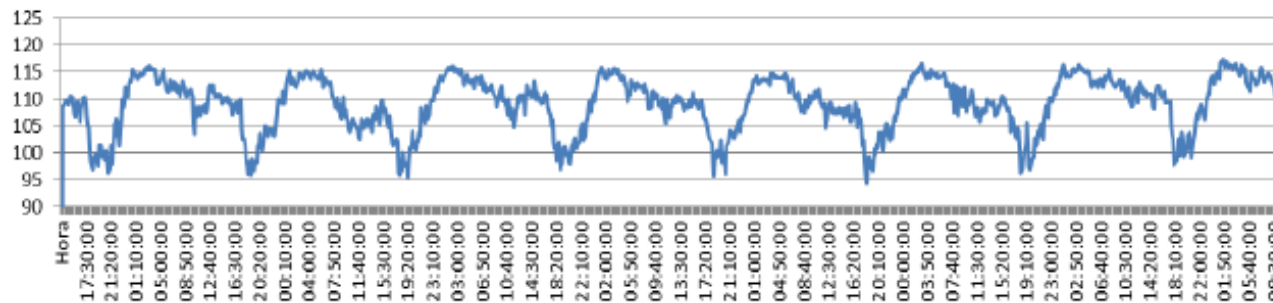
Regulador de Tensão BT – RTPBT

Função de transferência
entre tensão de entrada e
saída do RTPBT

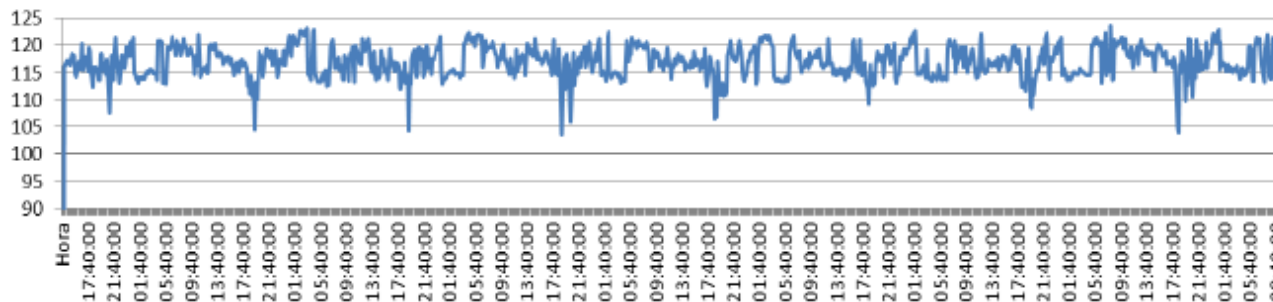


Equipamentos para controle Volt/var

Regulador de Tensão BT – Perfil de tensão



Antes do regulador



Após o regulador

Equipamentos para controle Volt/var

Regulador de Tensão BT – RTPBT



Figura a1 – Foto do RTPBT



Figura a2 – Foto do RTPBT em Instalação no CT da AES Eletropaulo

Equipamentos para controle Volt/var

Compensador Estático

- ✓ Os compensadores estáticos são equipamentos que têm por objetivo controlar o nível de tensão em regime permanente e transitório, garantindo o fornecimento e/ou o consumo de reativos necessários para o pleno funcionamento do sistema de potência

- ✓ A utilização desses equipamentos, em detrimento aos compensadores síncronos, deve-se às seguintes vantagens:
 - Custo reduzido e menores perdas
 - Maior confiabilidade
 - Tempo de resposta reduzido
 - Ausência de inércia

Equipamentos para controle Volt/var

Compensador Estático

- ✓ Os compensadores estáticos podem contribuir com a magnitude do conteúdo harmônico presente nos sistemas

- ✓ Existem quatro tipos de compensadores estáticos, que são baseados nos seus aspectos construtivos:
 - ❑ Reator saturado
 - ❑ Reator controlado por tiristor
 - ❑ Capacitor chaveado por tiristor
 - ❑ Combinação dos tipos acima

Equipamentos para controle Volt/var

Compensador Estático – Reator Saturado

- ✓ O compensador estático de reator saturado foi o primeiro a ser desenvolvido e aplicado em sistemas de potência
- ✓ Consiste de um reator saturado e um banco de capacitores fixo, ambos em série. O capacitor é protegido por um dispositivo (gap ou MOV)

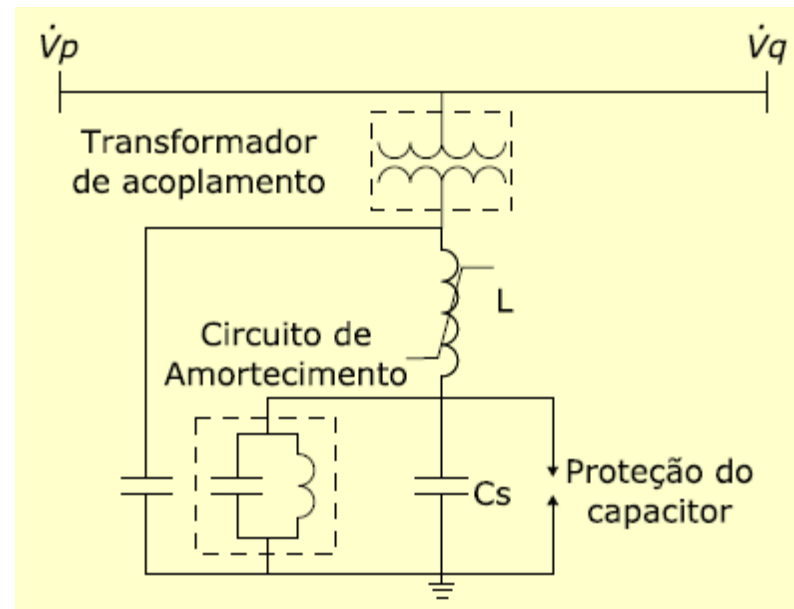
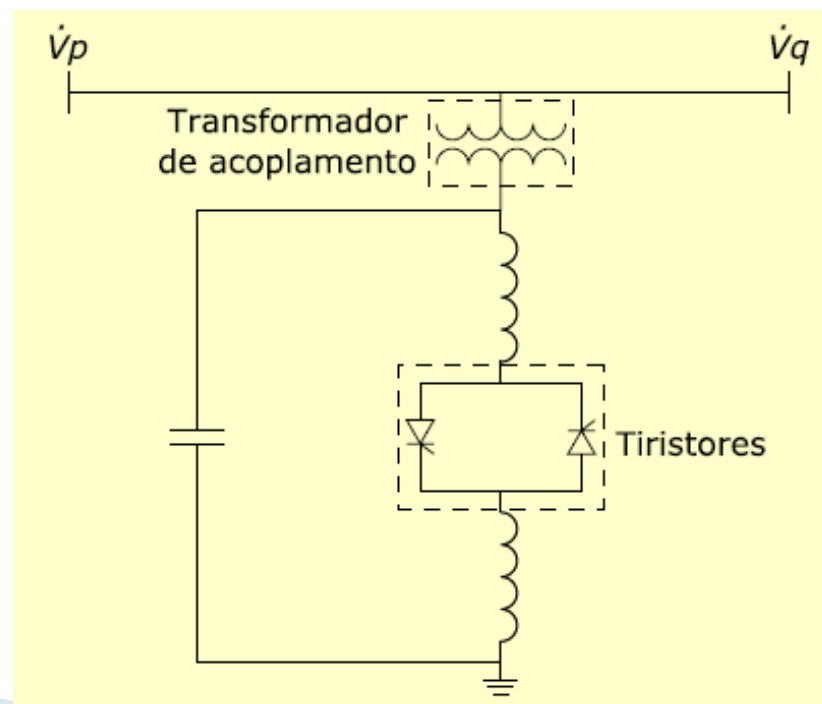


Diagrama de um compensador estático tipo Reator Saturado

Equipamentos para controle Volt/var

Compensador Estático – Reator controlado por tiristor

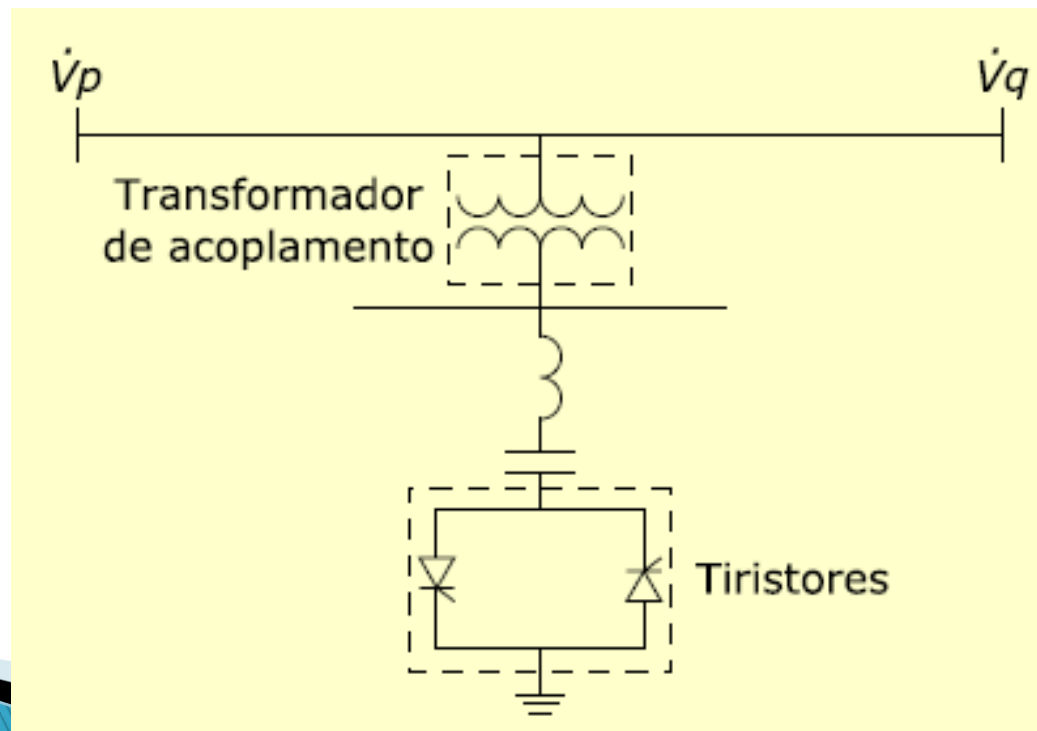
- ✓ Consiste na combinação de reatores lineares chaveados por tiristores na configuração de seis ou doze pulsos
- ✓ São compostos em unidades monofásicas ligadas em delta
- ✓ A figura ilustra o diagrama que representa esse tipo de compensador:



Equipamentos para controle Volt/var

Compensador Estático – Capacitor chaveado por tiristor

- ✓ Consiste em capacitores chaveados por tiristores
- ✓ Indutores são colocados em série com os capacitores para limitar a taxa de crescimento da corrente e prevenir a ressonância com o sistema
- ✓ A figura ilustra o diagrama que representa esse tipo de compensador:



Topologias para controle Volt/var

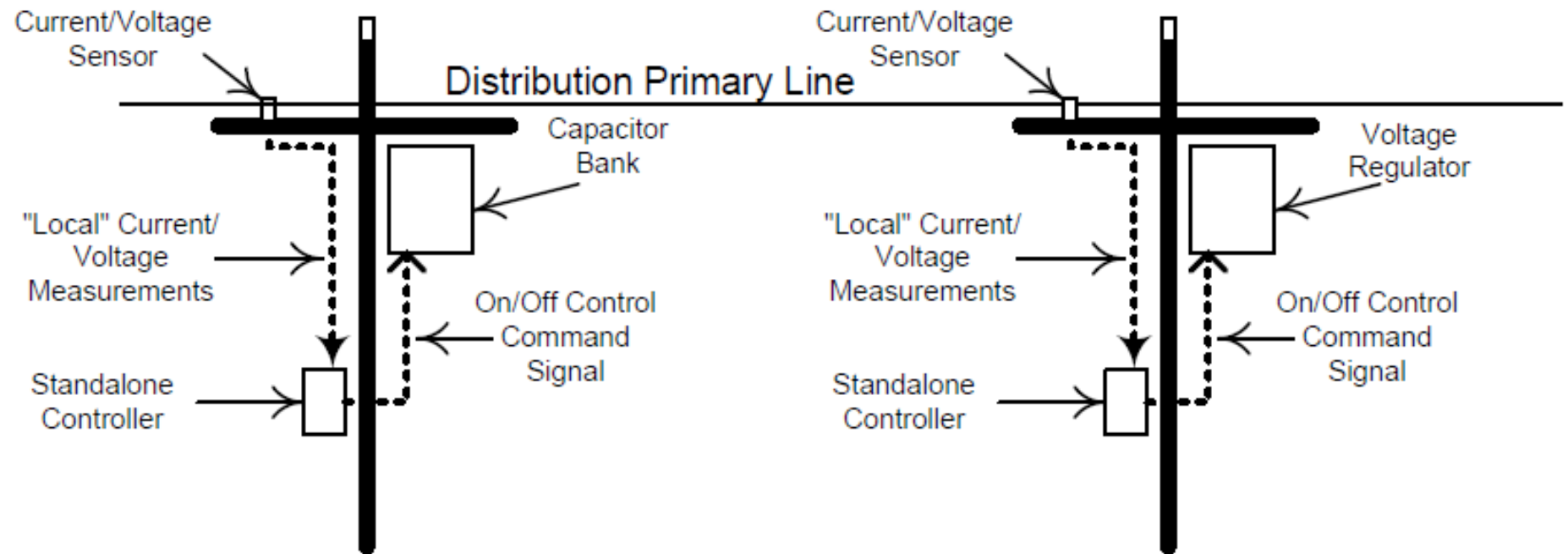
Controle local (Stand Alone)

Controle Volt/VAr é feito de forma individual e independente para cada equipamento:

- TAPs de transformadores (mudança sob carga)
- Reguladores de tensão de linha
- Banco de capacitores fixos
- Banco de capacitores com chaveamento automático

Topologias para controle Volt/var

Exemplo de Bancos de Capacitores e Reguladores de Tensão "Stand-Alone"



Topologias para controle Volt/var

Controle local (Stand Alone)

Vantagens

- ✓ Baixo Custo
- ✓ Não depende de infraestrutura de comunicação
- ✓ Escalonável – pode ser implantado em um alimentador ou em vários

Desvantagens

- ✓ Não possui monitoramento próprio
- ✓ Fraca coordenação entre os controles Volt e var
- ✓ Operação do sistema pode não ser o ótimo sob todas as condições
- ✓ Pouca flexibilidade para responder às mudanças do sistema de distribuição
- ✓ Pode não ser eficiente para uma alta penetração de Geração Distribuída

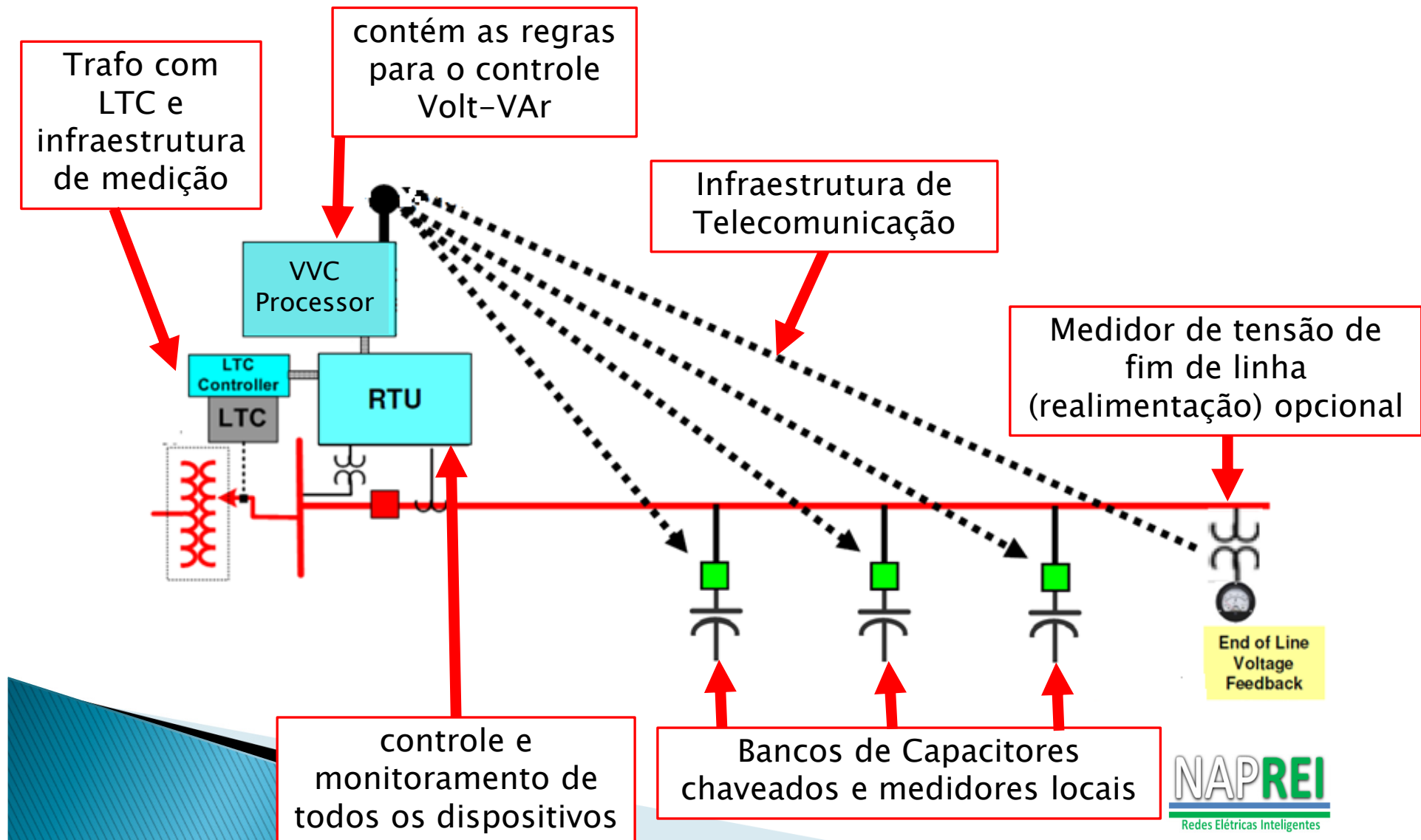
Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

- ✓ Todos os equipamentos envolvidos no controle Volt/var devem ser monitorados e controlados pelo sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*)
- ✓ O controle Volt-var é tipicamente realizado por dois sistemas distintos e independentes:
 - ❑ Despacho de reativo (var) – controla os bancos de capacitores para elevar a tensão, reduzir perdas elétricas, etc.
 - ❑ Controle de Tensão (Volt) – Controle LTCs e reguladores de tensão
- ✓ A operação desses sistemas é baseado principalmente em parametrizações, ajustes ou regras predeterminadas
 - ❑ “se o f.p. for menor que 0,95, ligar o banco de capacitores #1”

Topologias para controle Volt/var

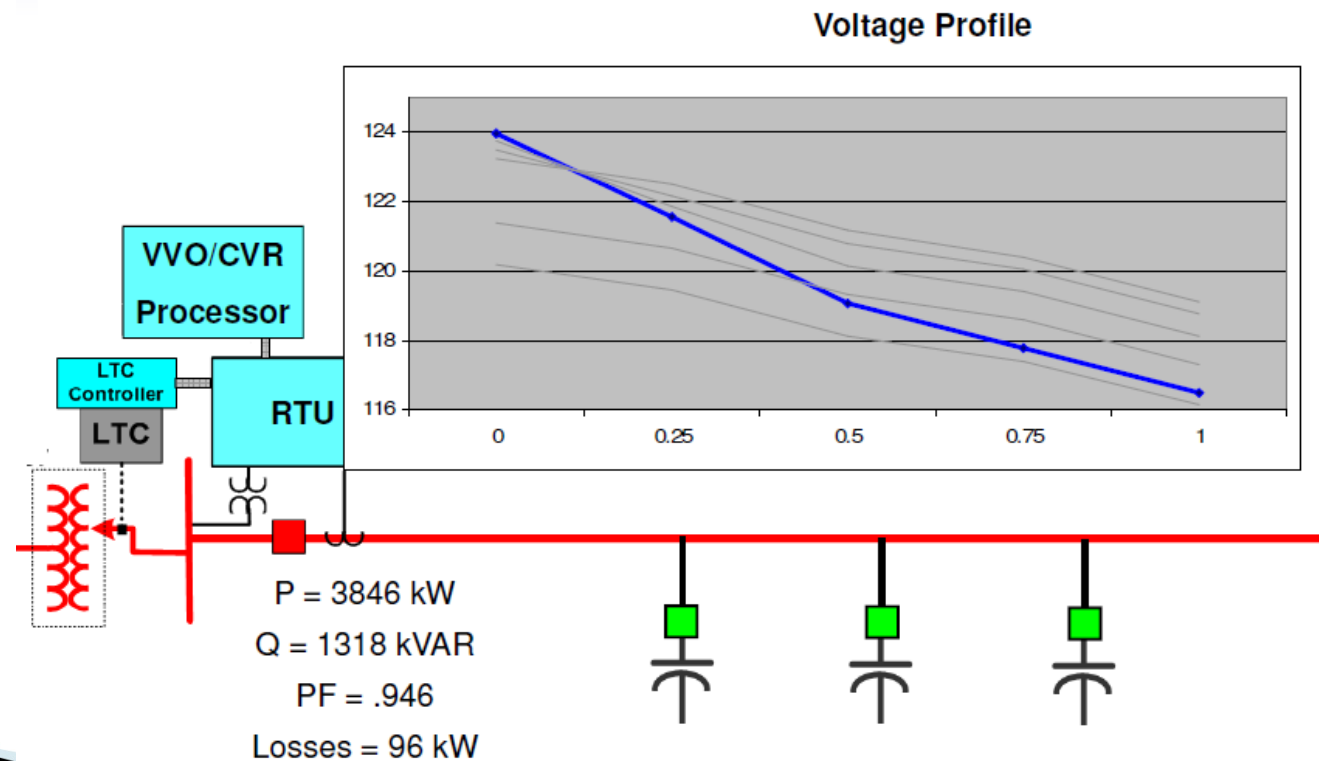
Controle através do SCADA – Características



Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

Parte 1: Correção do Fator de Potência



Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

Parte 1: Correção do Fator de Potência

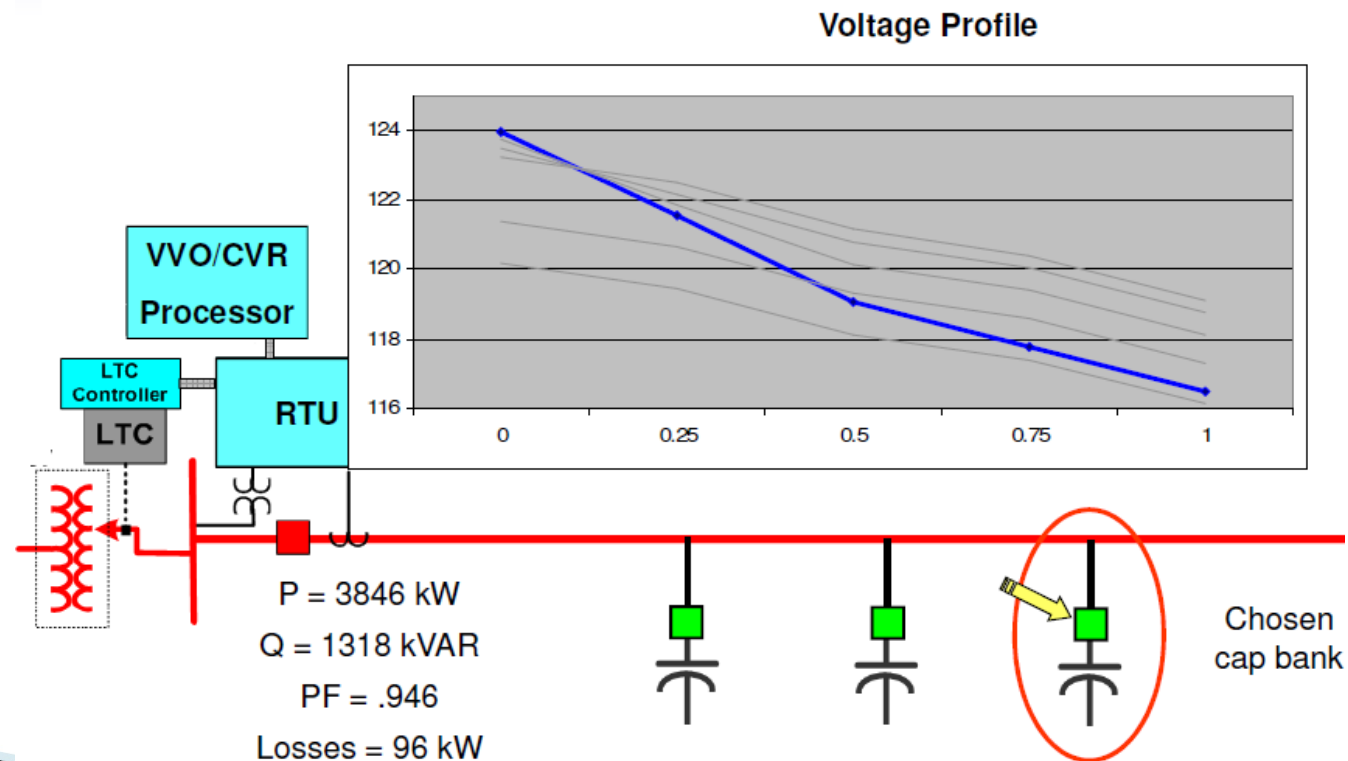
Exemplo de regras pré-definidas:

- 1) Identificar Banco de Capacitor “candidato” para chaveamento;
 - Banco de Capacitores atualmente com posição de chave desligada.
 - Capacidade do Banco de Capacitores é menor que a potência reativa medida no final do alimentador.
- 2) Escolher, dentre os capacitores candidatos, aquele que apresenta a medição de tensão local mais baixa;
- 3) Chavear o banco de capacitores escolhido para a posição “ligado”.

Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

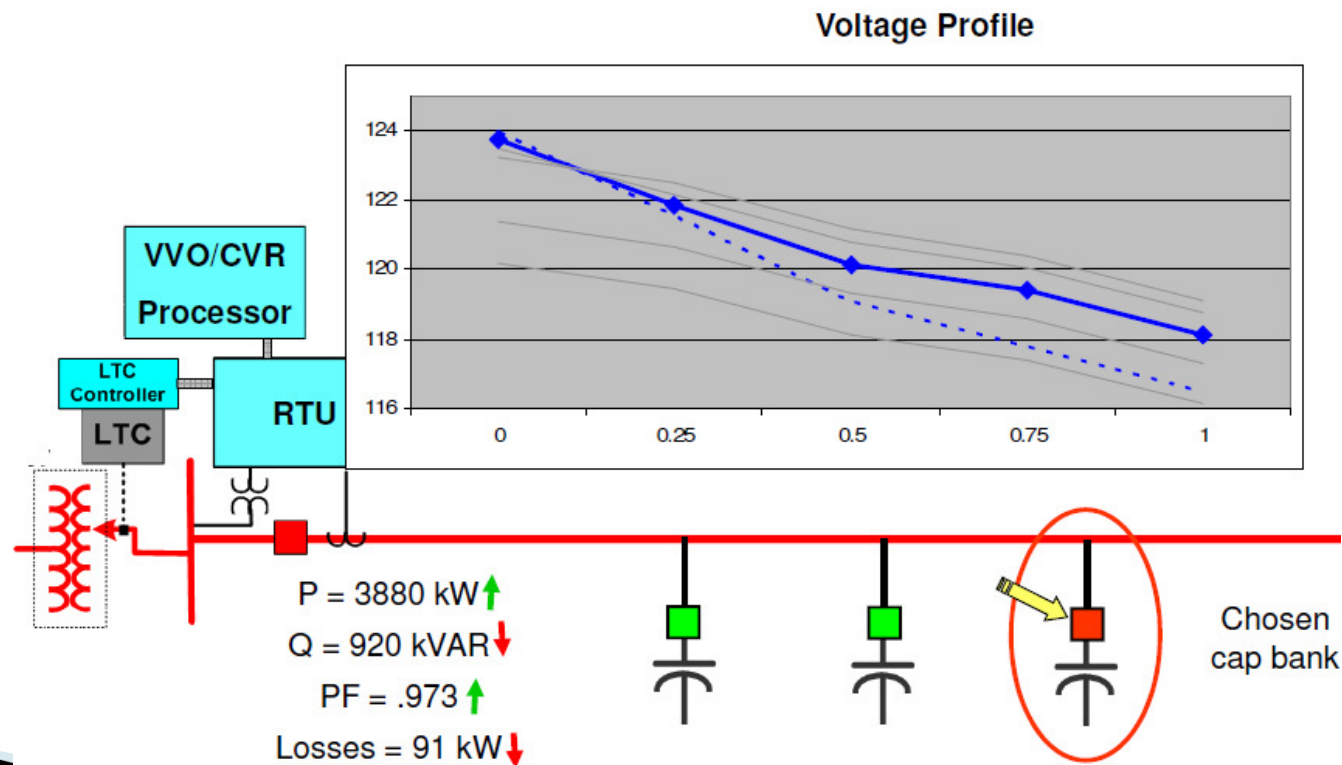
Parte 1: Correção do Fator de Potência



Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

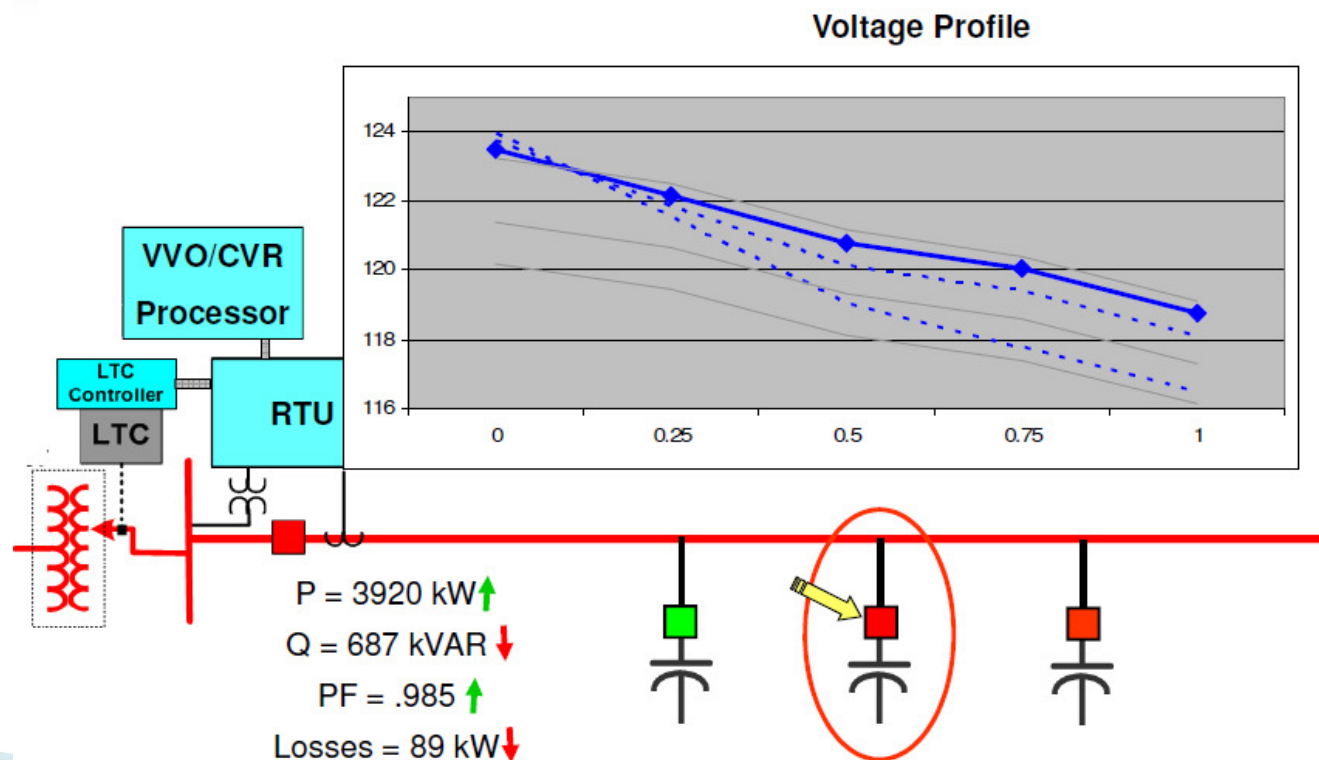
Parte 1: Correção do Fator de Potência



Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

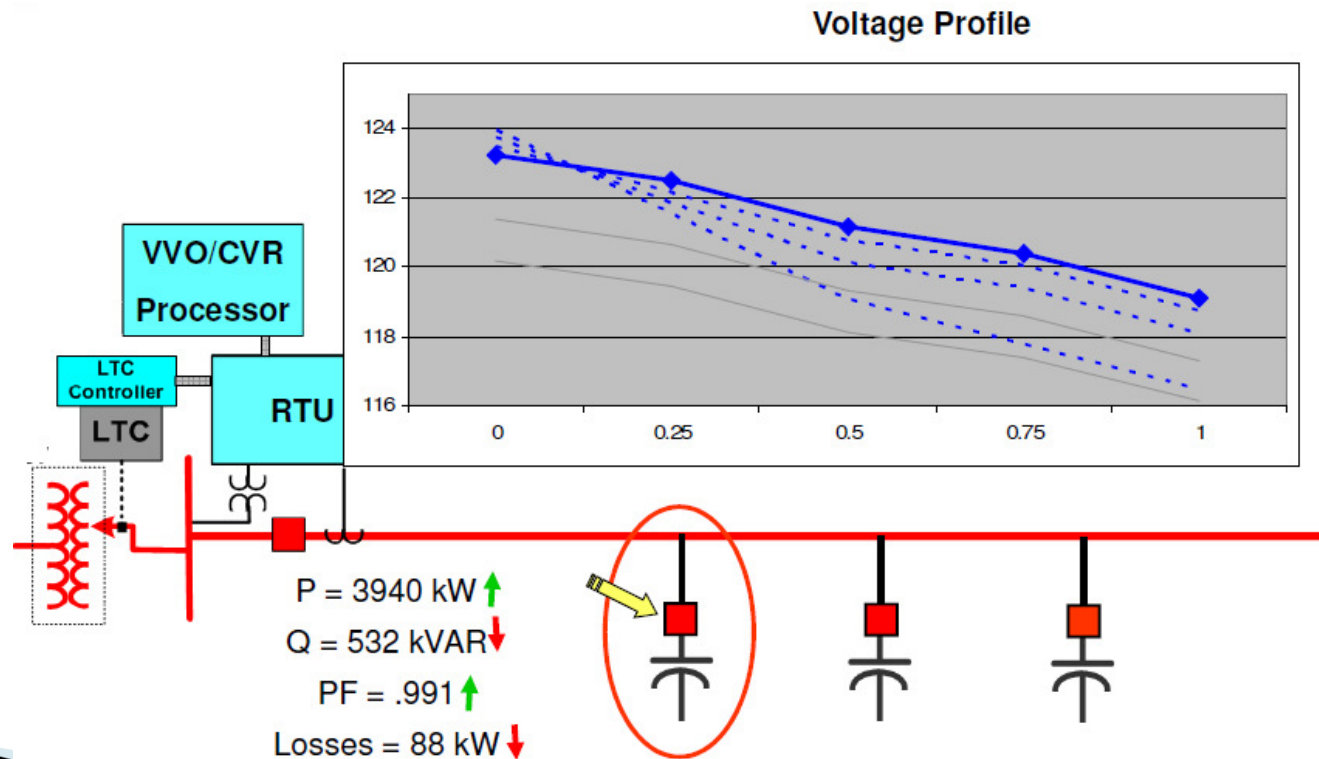
Parte 1: Correção do Fator de Potência



Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

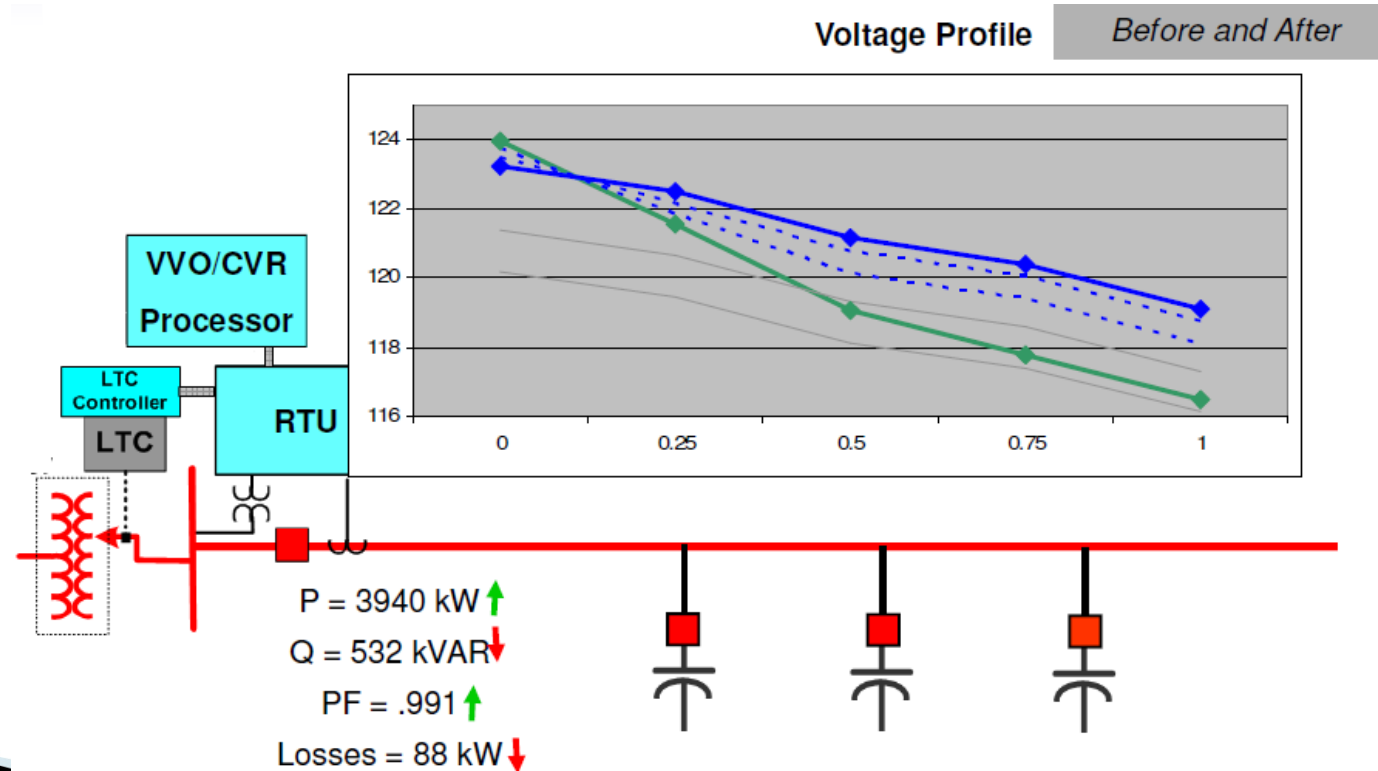
Parte 1: Correção do Fator de Potência



Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

Parte 1: Correção do Fator de Potência

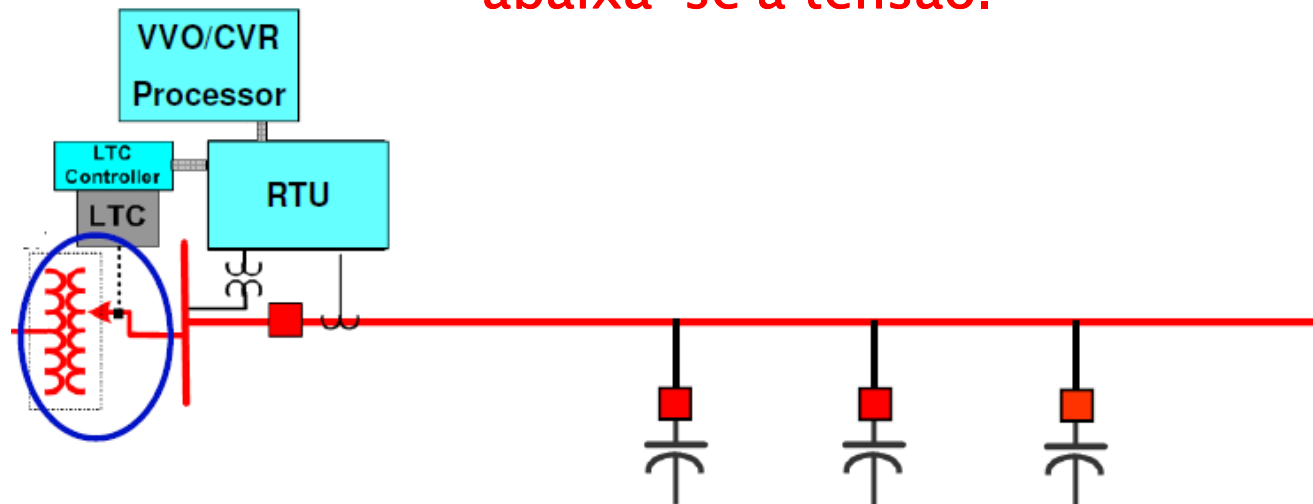


Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

Parte 2: Controle de Tensão

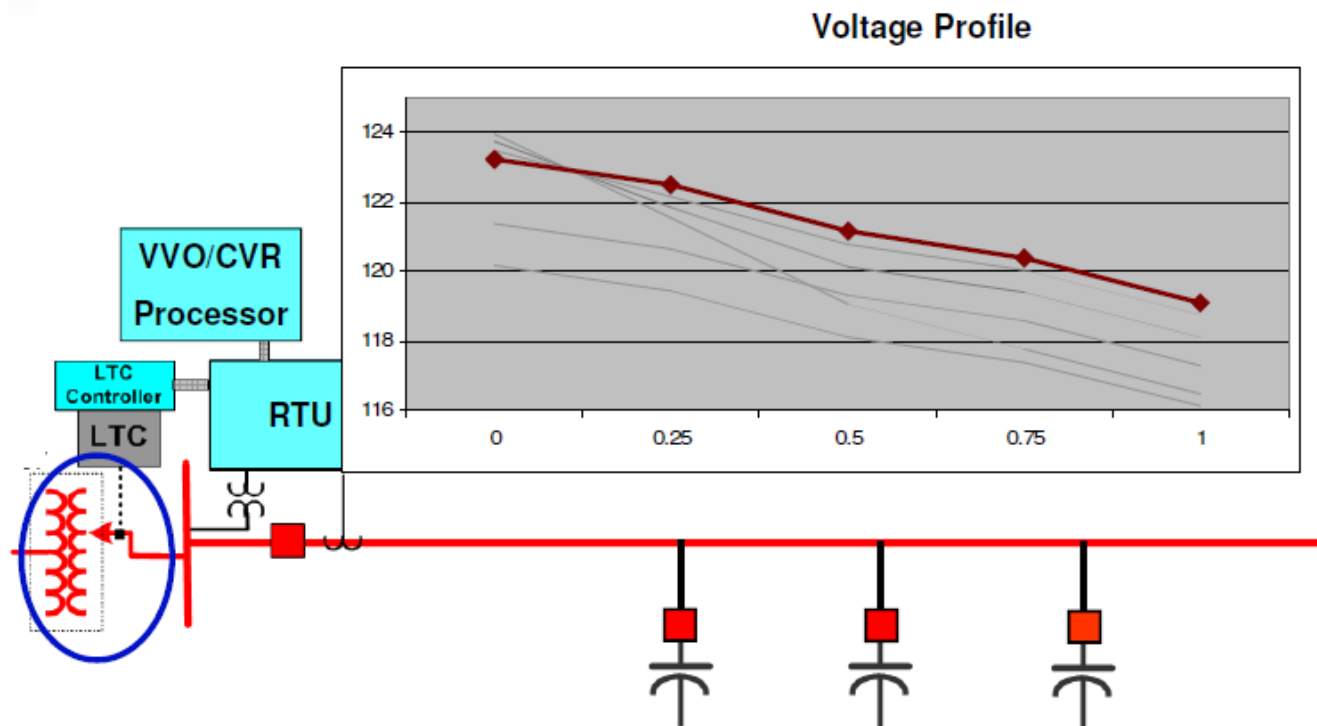
Se a tensão no início do Alimentador excede o “setpoint” do LTC, então abaixa-se a tensão.



Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

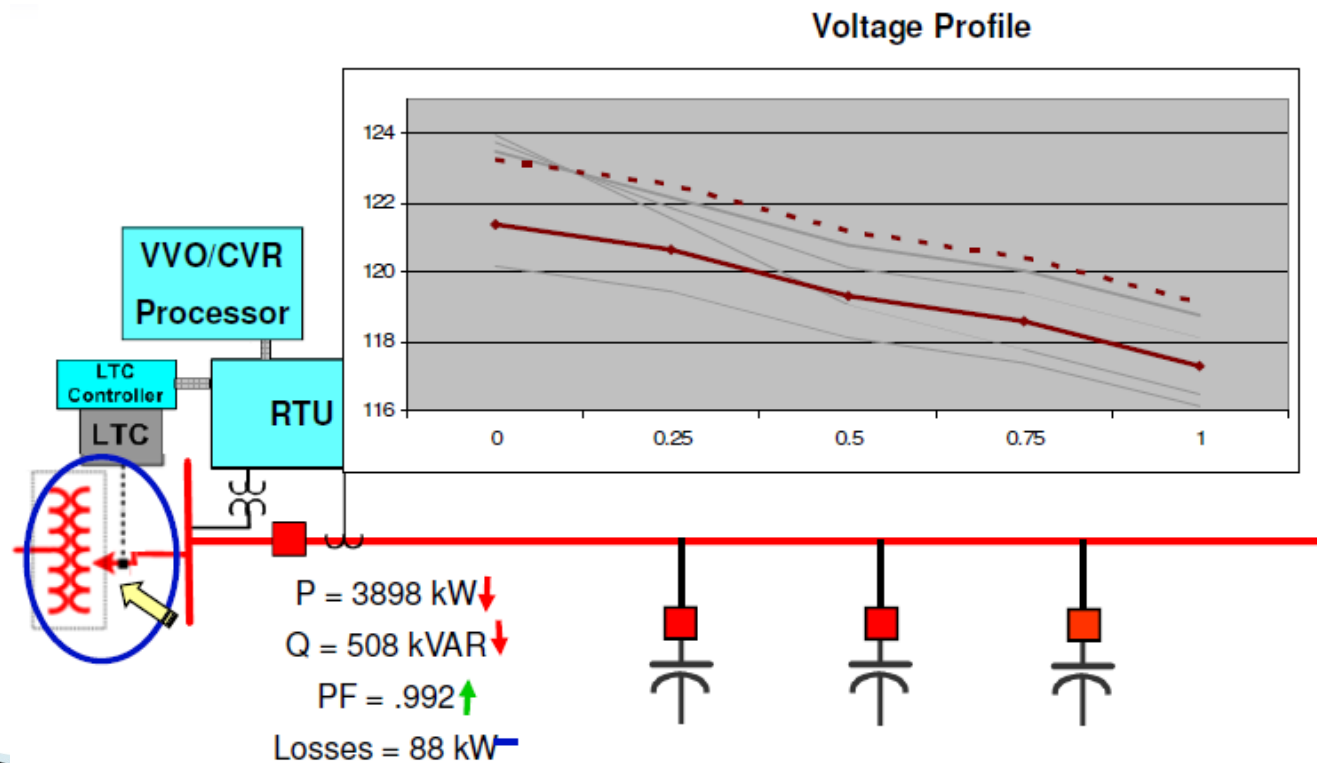
Parte 2: Controle de Tensão



Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

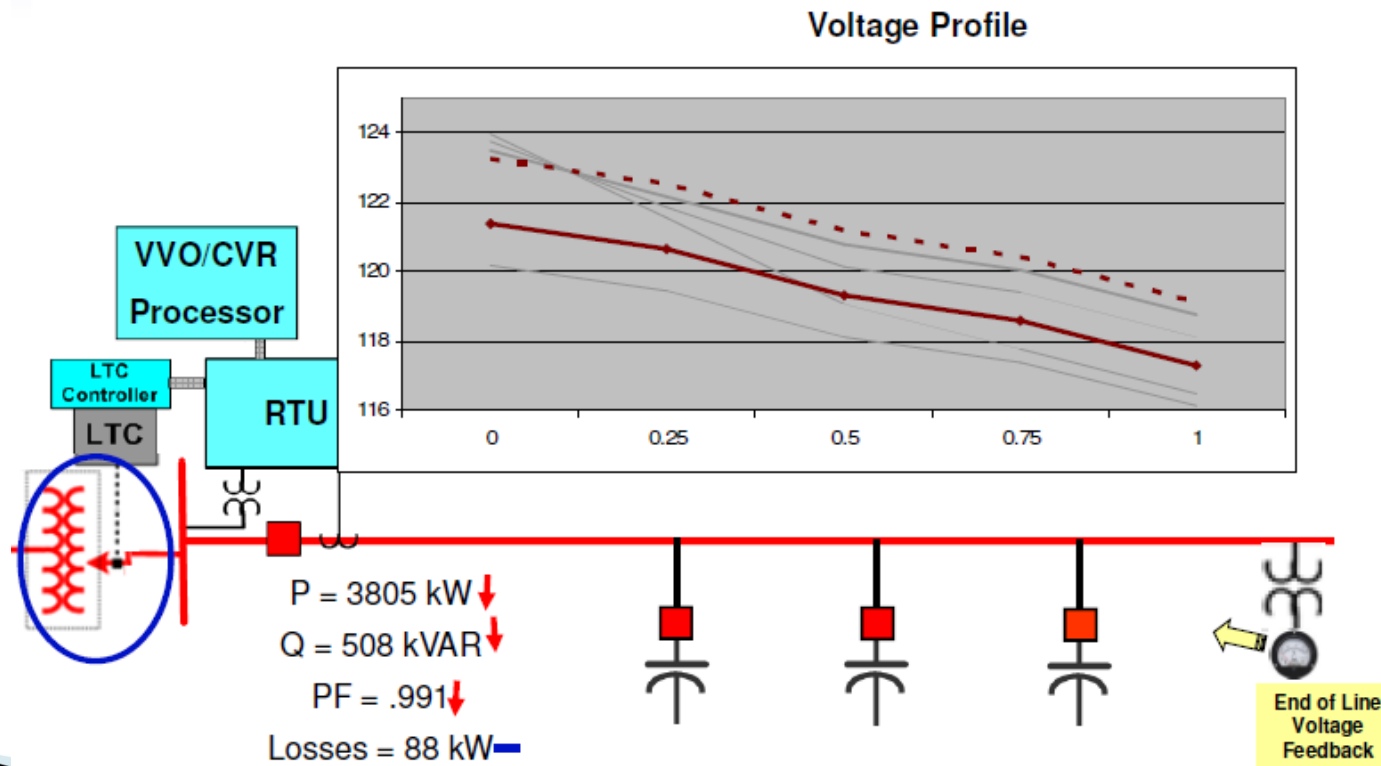
Parte 2: Controle de Tensão



Topologias para controle Volt/VAr

Controle através do SCADA

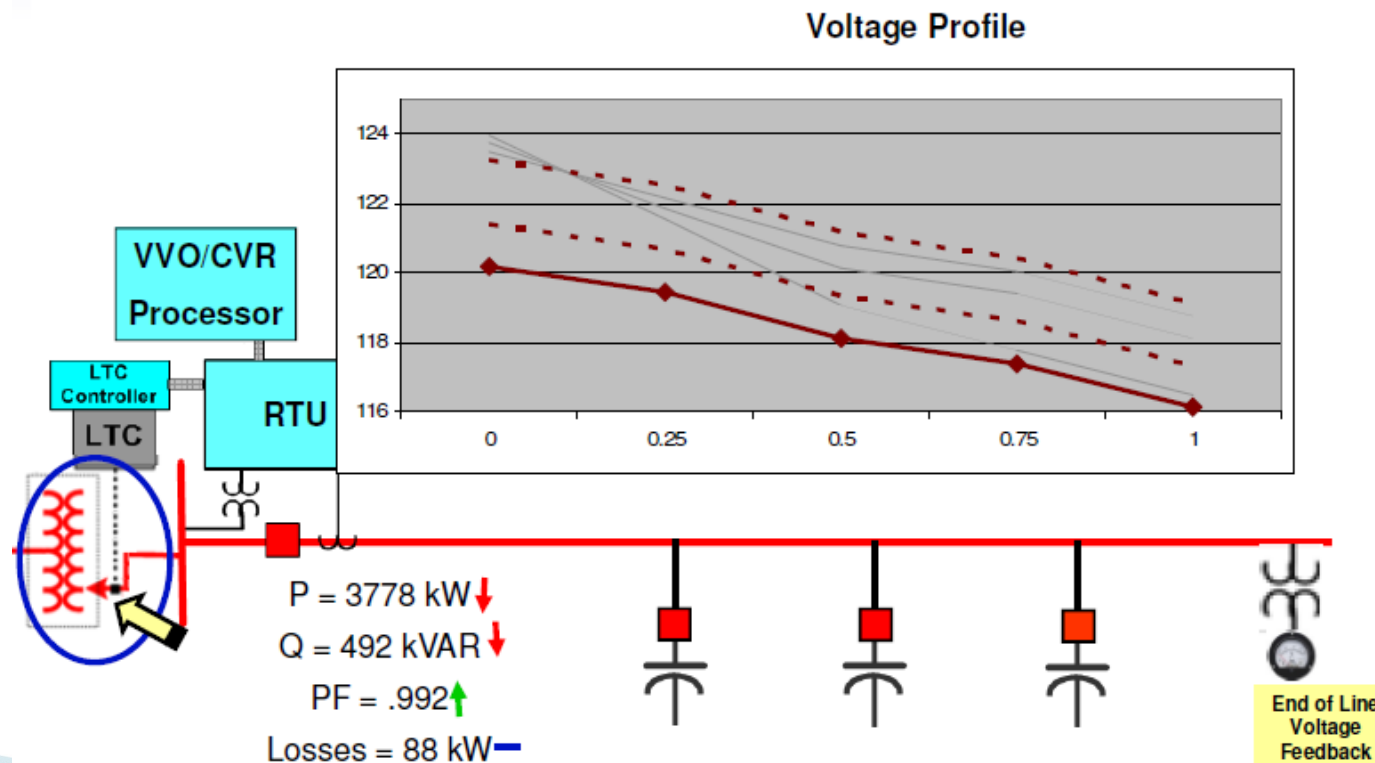
Parte 2: Controle de Tensão



Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

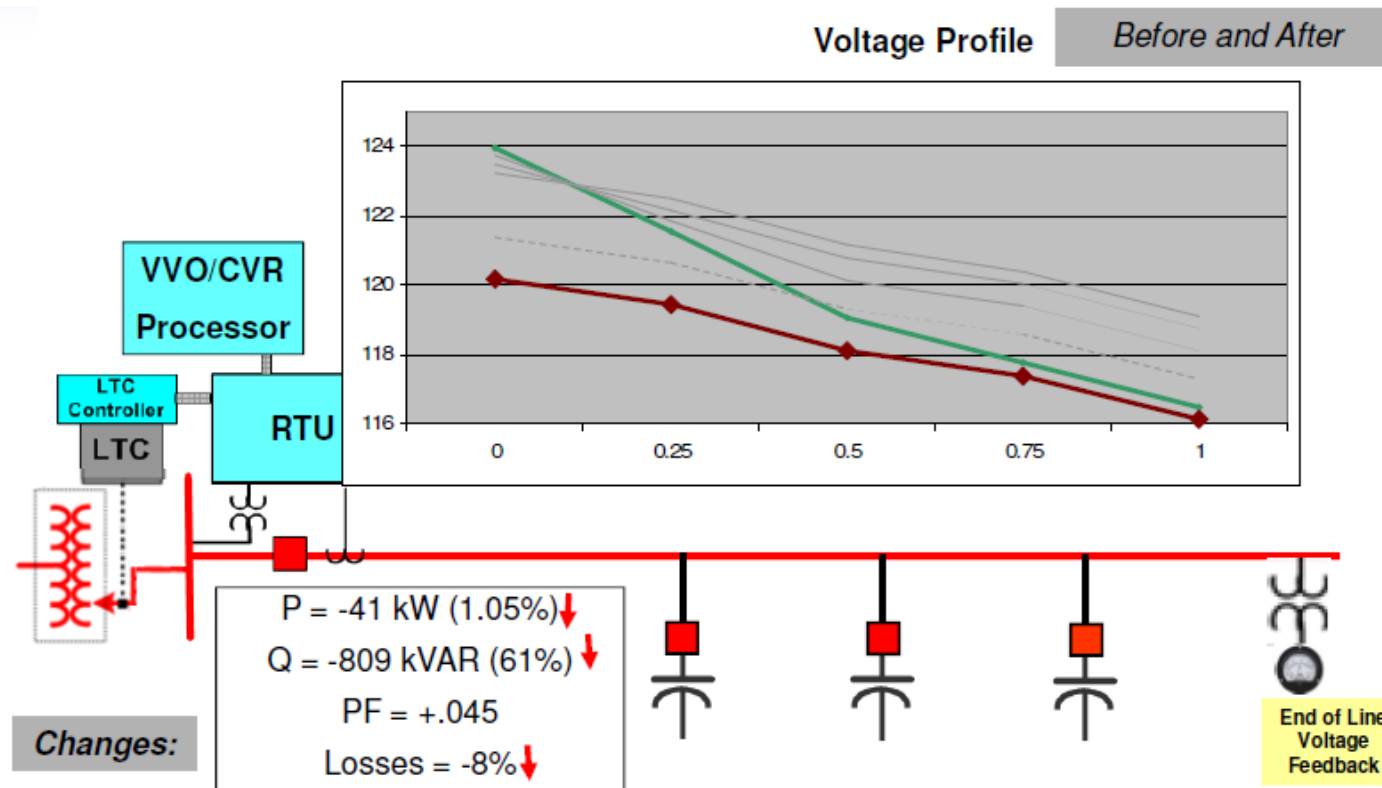
Parte 2: Controle de Tensão



Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

Parte 2: Controle de Tensão



Topologias para controle Volt/var

Controle através do SCADA

Vantagens

- ✓ Maior eficiência se comparado com a alternativa “Stand Alone”
- ✓ Monitoramento próprio
- ✓ Redução no número de chaveamentos

Desvantagens

- ✓ Custo maior devido à infraestrutura de telecomunicação
- ✓ Menos escalonável se comparado com a alternativa “Stand Alone” (no mínimo deve ser implantado em uma subestação)
- ✓ Não se adapta às mudanças de configuração do alimentador
- ✓ Não se adapta bem às condições de operação variáveis (as regras são pré-determinadas)
- ✓ Pode ser eficiente para uma alta penetração de Geração Distribuída

DMS x Controle Volt/var

DMS – Distribution Management System

- ✓ Plataforma integrada para gerenciamento de sistemas de distribuição de energia constituída por diversos módulos, destacando-se:
 - ❑ SCADA – *Supervisory Control & Data Aquisition*: responsável pela aquisição de dados, monitoramento e processamento de eventos bem como o controle dos equipamentos telecomandados do sistema de distribuição
 - ❑ GIS – *Geographic Information System*: gestão dos diagramas, desenhos, documentos e mapas das redes e suporte à gestão de ativos
 - ❑ OMS – *Outage Management System*: responsável pelo gerenciamento das falhas na rede e apoio às equipes de manutenção do sistema
 - ❑ Aplicações de Engenharia – são os sistemas para planejamento, projetos de expansão, análise de rede, fluxo de carga além de outras funcionalidades fazendo uso de algoritmos para otimização da operação

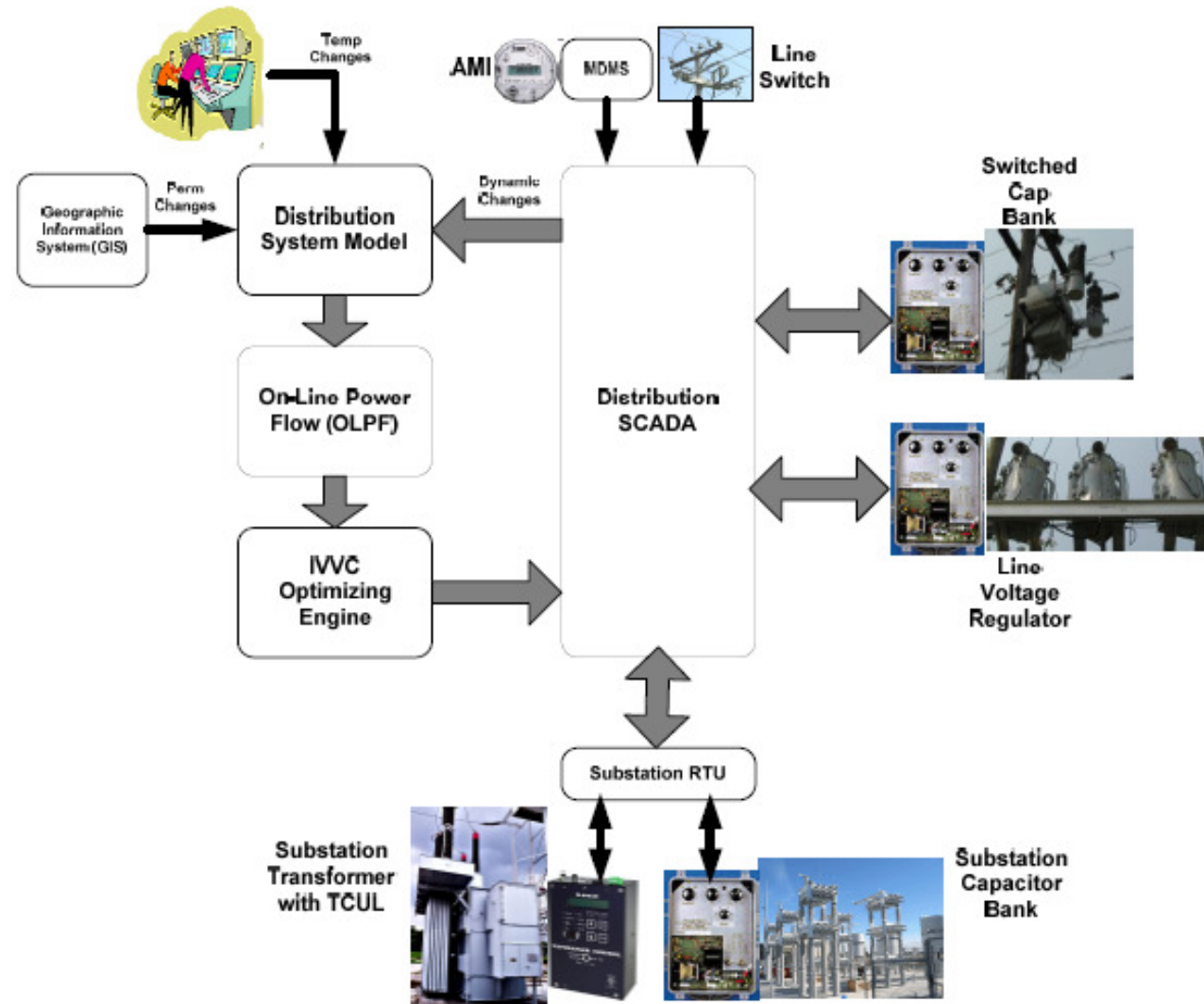
DMS x Controle Volt/var

DMS – Distribution Management System

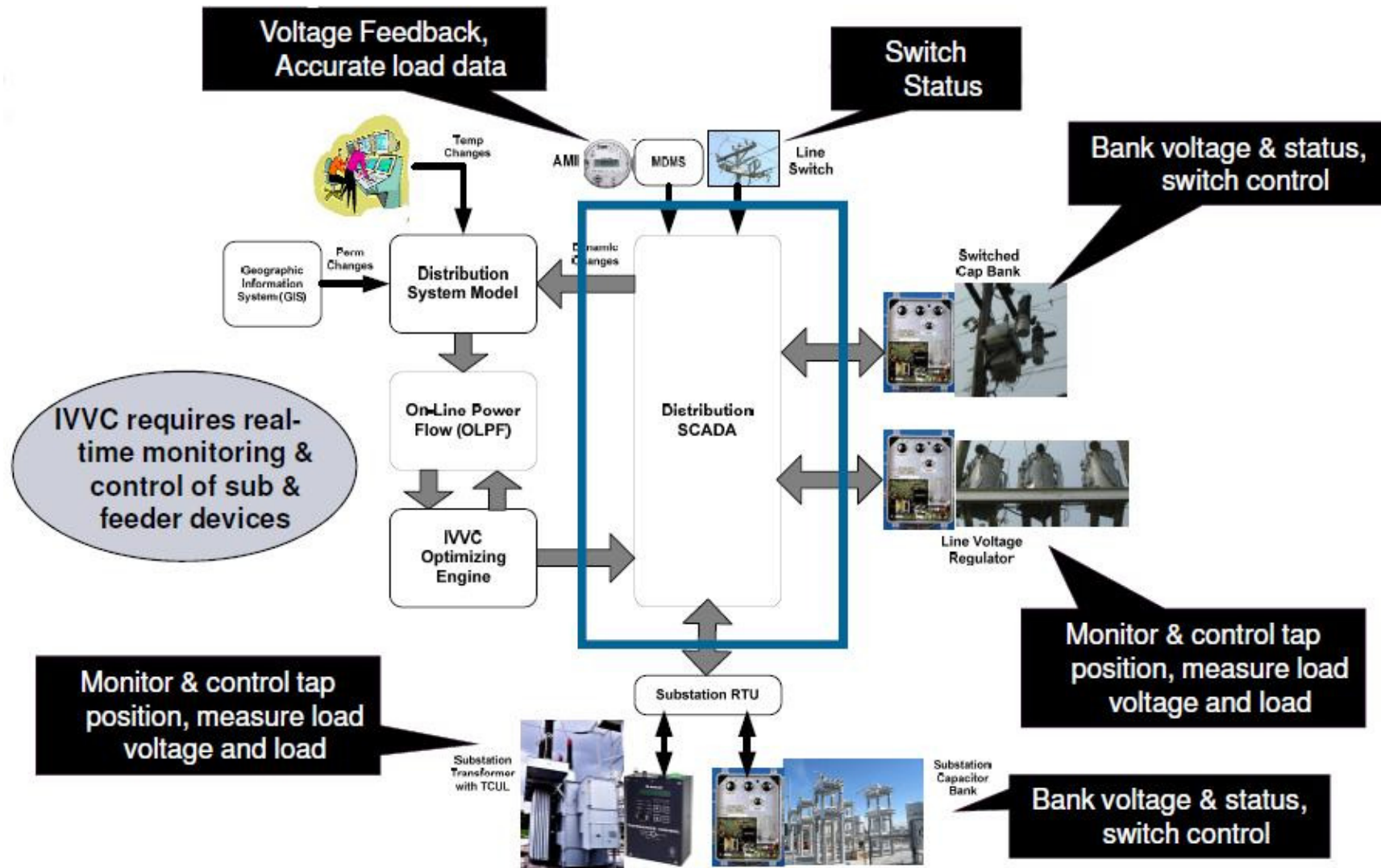
- ✓ Um sistema DMS pode executar um plano ótimo de chaveamento e controle para todos os dispositivos envolvidos no controle Volt/var a fim de alcançar os objetivos da Concessionária

- ✓ Algumas Funções–objetivo:
 - Minimizar perdas
 - Aumentar disponibilidade da rede
 - Minimizar demanda de potência
 - Minimizar o número de mudanças nos tapes dos transformadores e reguladores de tensão visando preservar a vida–útil destes equipamentos
 - Minimizar o número de ações de controle de certos equipamentos (ex.: abertura e fechamento de chaves) visando preservar a vida–útil dos mesmos

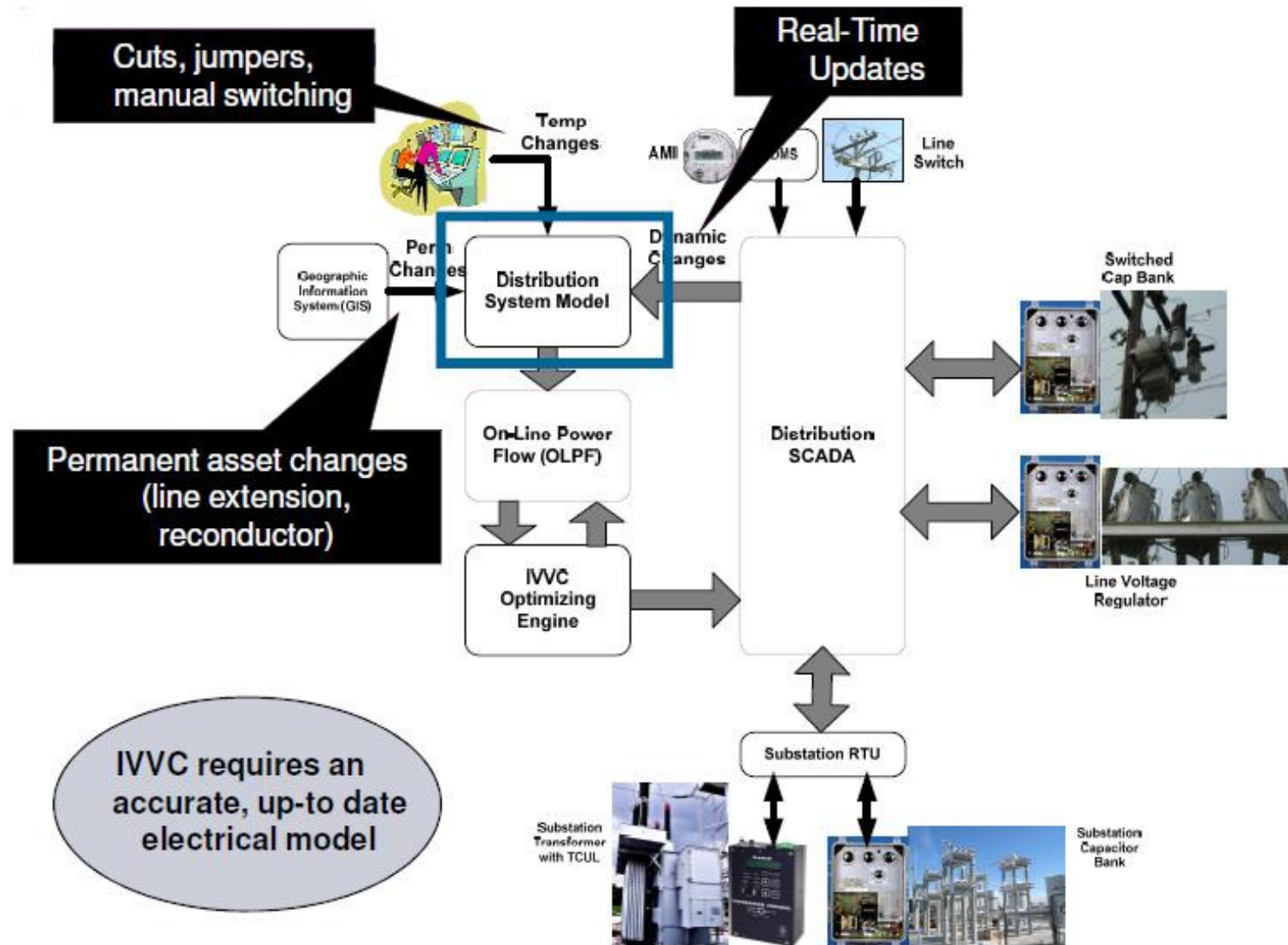
DMS x Controle Volt/var



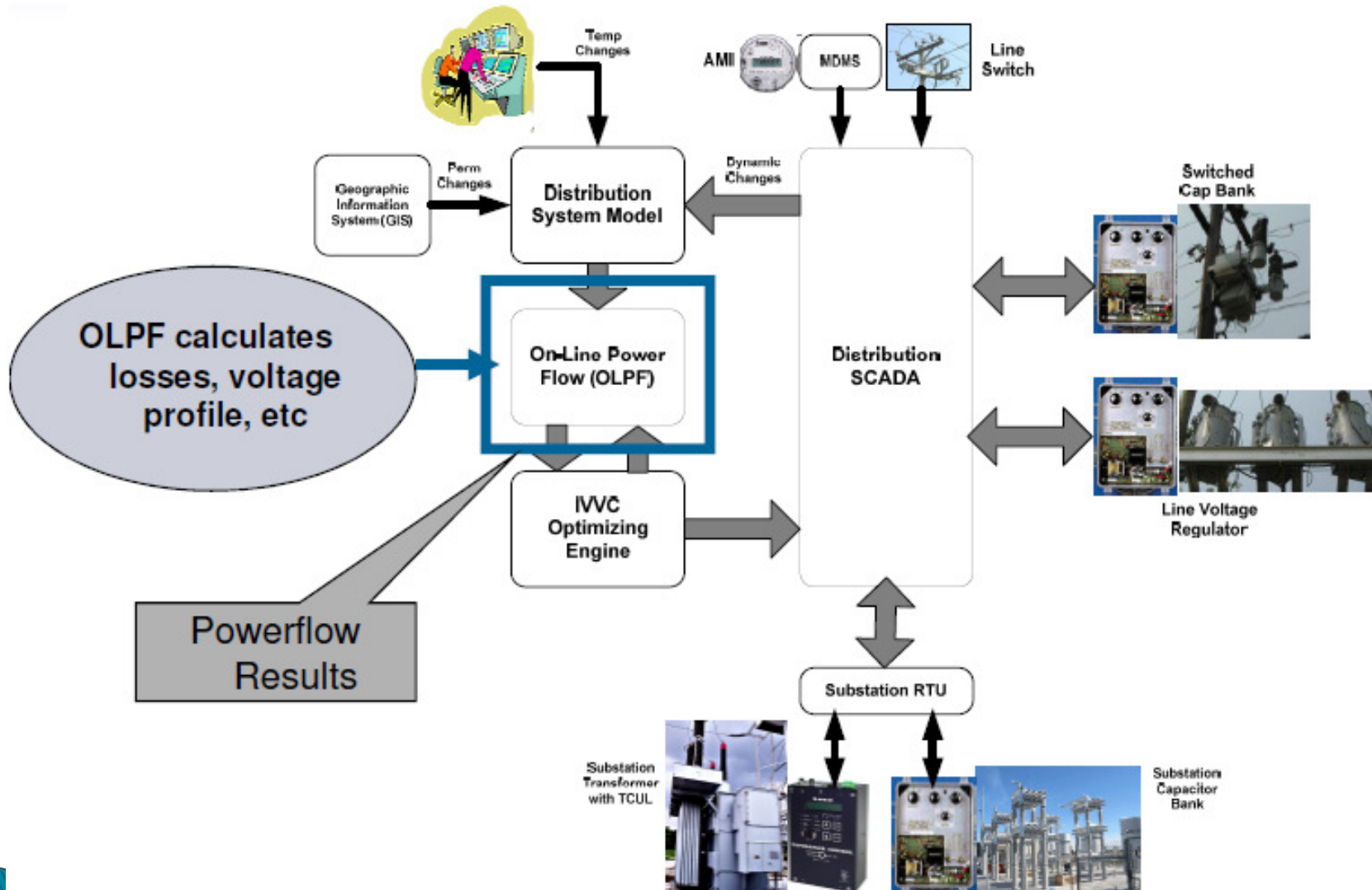
DMS x Controle Volt/var



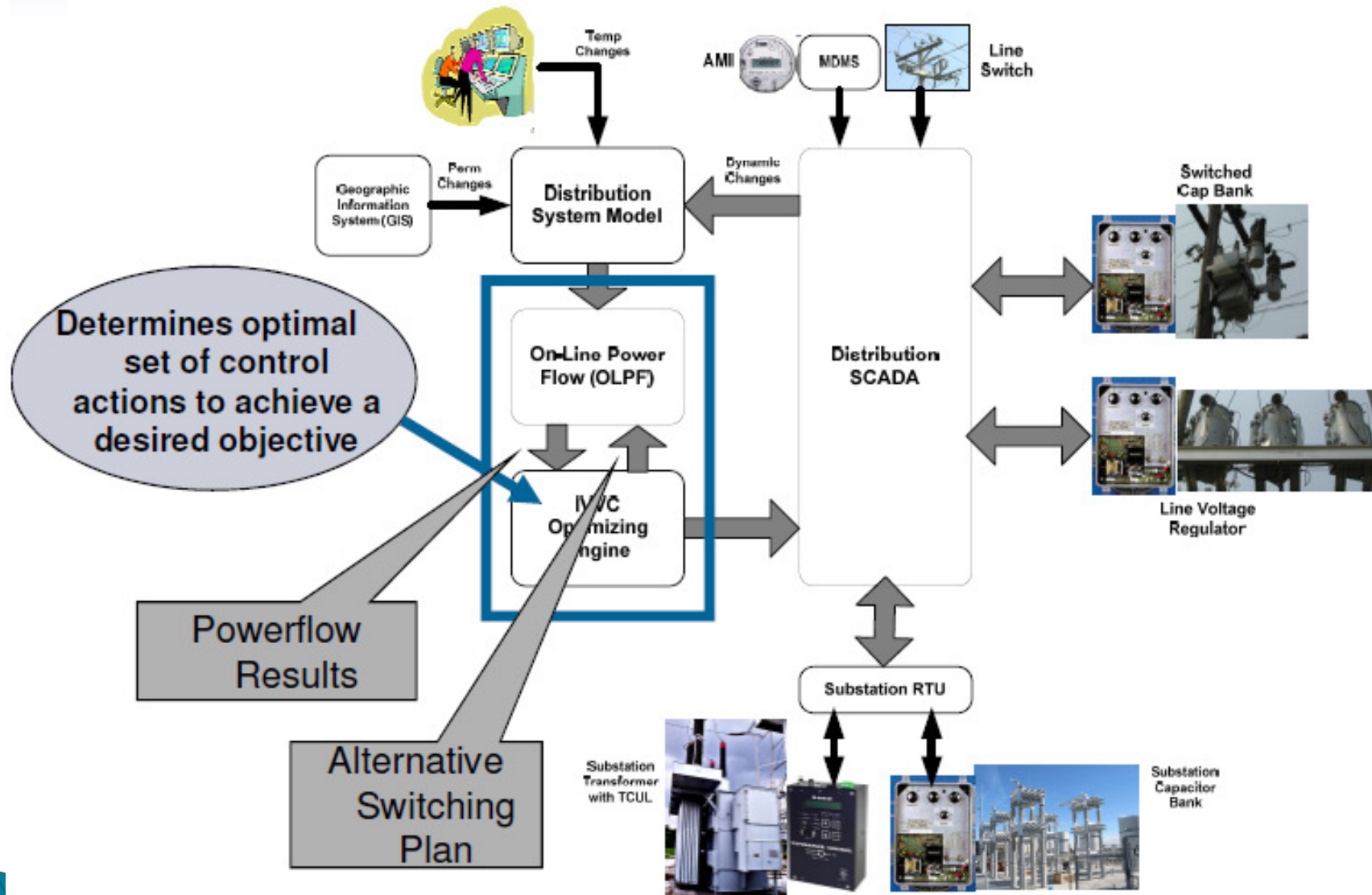
DMS x Controle Volt/var



DMS x Controle Volt/var



DMS x Controle Volt/var



DMS x Controle Volt/var

Vantagens

- ✓ Coordenação total dos equipamentos
- ✓ Obtenção da solução ótima para o sistema
- ✓ Objetivos operacionais flexíveis – pode se acomodar aos diferentes objetivos operacionais necessários em cada momento
- ✓ Pode se adaptar às configurações complexas de alimentadores – modelo dinâmico se atualiza automaticamente quando uma reconfiguração do sistema ocorre
- ✓ O sistema pode modelar os efeitos da Geração Distribuída – pode se adaptar à qualquer penetração de GD incluindo os efeitos de fluxo de potência reverso

Desvantagens

- ✓ Custo da implementação e manutenção
- ✓ Centro de controle complexo
- ✓ Curva de aprendizagem para o pessoal da sala de controle

Métodos de Otimização

Exemplo de algoritmo para ser implementado em um sistema DMS

Objetivo:

Definir quais alterações devem ser feitas no estado de bancos de capacitores e na posição de tape de reguladores de tensão visando otimizar o controle Volt/var

