

1. SISTEMAS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

1.1- Introdução

O desenvolvimento da eletricidade trouxe, já no começo do século XIX, importantes variações no interior das residências e prédios. Até o aparecimento desta energia, gás era o alimento dos sistemas de aquecimento, refrigeração e iluminação das moradias, cujo consumo foi diminuindo com a difusão da eletricidade, onde as lâmpadas não queimam oxigênio, dispõem menos calor e são facilmente manuseadas. Esta nova fonte de energia pode substituir a madeira e o carvão como base energética produtora de luz, calor e cozimento dos alimentos. Sendo que sua principal aplicação se fez na iluminação e mais tarde no acionamento dos motores elétricos.

Nas primeiras redes elétricas urbanas o usuário recebia a energia sob a forma de corrente contínua, que era produzida em pequenas centrais dispersas pela rede urbana, com pouca segurança no fornecimento. Posteriormente estas foram substituídas por outras de corrente alternada, que permite o uso de transformadores através dos quais se tornou possível e fácil a elevação de tensão possibilitando o transporte a grandes distâncias. Esta substituição permitiu a interconexão das redes, tornando, assim, o fornecimento de energia elétrica mais confiável. Começa então o desenvolvimento crescente da eletricidade nos prédios e residências.

À medida que foram sendo resolvidos os problemas técnicos, a energia elétrica foi penetrando nas atividades humanas substituindo as demais formas de energia. Isto ocorreu pela facilidade de sua geração, proveniente de diversas fontes de energia como a mecânica, térmica, nuclear, radiante e química, o seu transporte, através de condutores elétricos a enormes distâncias com perdas relativamente pequenas, e, a facilidade de seu uso, fazendo da eletricidade um tipo de energia com vantagens sobre as outras.

Nos nossos dias praticamente todas as atividades da vida civil ou industrial são movidas pela energia elétrica. O seu uso e versatilidade se faz tanto maior quanto maiores forem os recursos técnicos e financeiros dos países. O consumo da energia elétrica constitui-se de um verdadeiro índice indicativo do desenvolvimento de uma nação. O KWh per-cápita, por ano, representa um seguro fator de análise deste progresso.

É conhecido que os países desenvolvidos se basearam numa política de produção agrícola forte, como sustentáculo do seu crescimento e manutenção deste estágio avançado. Sem dúvidas o uso da eletricidade no campo foi um fator crucial para que isto ocorresse, fixando o homem no campo e elevando sua condição social e econômica. As culturas agrícolas deixaram de ficar à mercê do tempo e as colheitas se processam até três vezes ao ano, graças aos sistemas de irrigação.

Em face deste delineamento, o conhecimento da geração, transporte e utilização desta forma de energia, para o profissional, é extremamente importante.

1.2-Fontes de Energia

Para um melhor entendimento da instalação predial é necessário visualizar a sua situação dentro de um sistema elétrico, desde a sua geração até os pontos de luz e força de um consumidor, em baixa tensão.

O sistema elétrico é o conjunto de circuitos interligados com a finalidade de levar a energia elétrica gerada por um sistema, até os pontos em que essa energia pode ser utilizada, ou seja, transformadas em outros tipos de energia. É incluído no sistema elétrico os circuitos e todos os equipamentos auxiliares ao

seu funcionamento, elétricos e não elétricos, tais como: estruturas de suportes dos cabos, eletrodutos, caixas e armários especiais, recintos específicos, etc.

Com base na lei da física de que "nada se cria, nada se perde, tudo se transforma", a energia elétrica tem sua geração proveniente de outros tipos de energia. A irradiação solar que atinge nosso planeta, a energia potencial do armazenamento das águas, a energia eólica, a energia do movimento das marés oceânicas, a energia geotérmica, são consideradas de reprodução ilimitadas nos limites do nosso sistema solar, e denominadas fontes de energia contínuas.

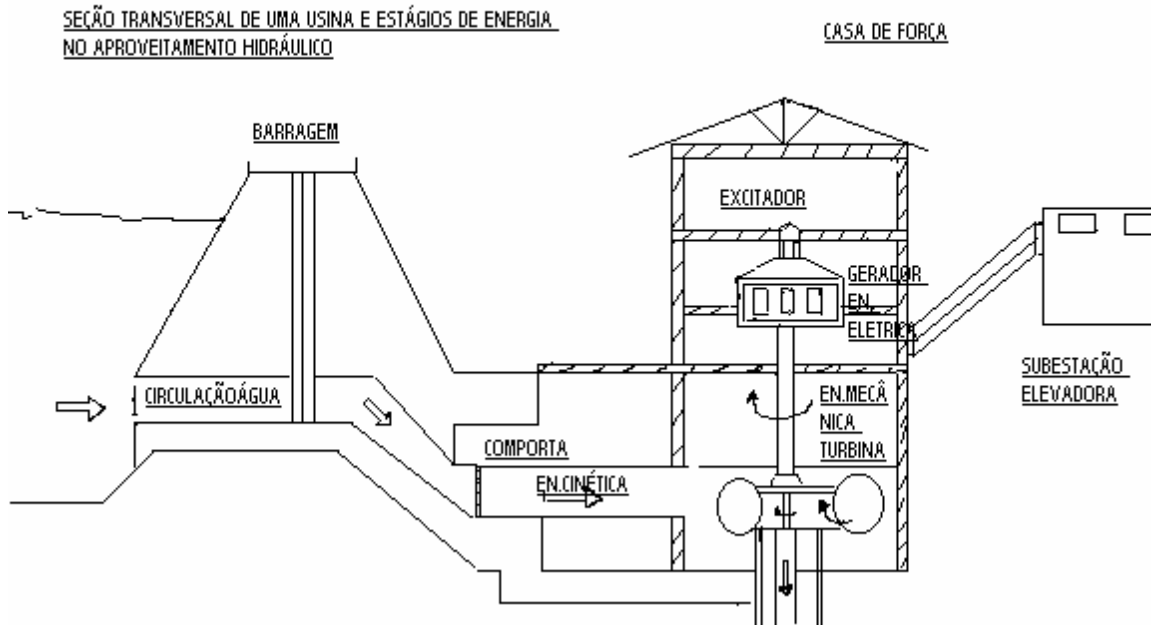
Em uma segunda categoria estão as fontes chamadas armazenadas ou potenciais na qual incluem a energia térmica proveniente dos combustíveis naturais, inclusive o carvão vegetal, e pela desintegração nuclear.

É de maior interesse a produção da energia elétrica e em grande escala, em vista disto nos deteremos mais detalhadamente nas energias primárias mais utilizadas:

- aproveitamento do potencial hídrico
- energia térmica oriunda dos combustíveis naturais
- energia térmica dos minerais susceptíveis de desintegração nuclear.

1.2.1-Usinas Hidroelétricas

No Brasil, a riqueza em potenciais hídricos, fez com que, praticamente, todos os grandes sistemas de produção de energia elétrica em operação sejam constituídos de centrais hidroelétricas. A fig. 1 mostra as transformações de energia do aproveitamento hidroelétrico, onde vemos que a energia elétrica é um elo de ligação entre formas distintas de energia.



Com o armazenamento de água, devido à barragem, tem-se a energia potencial (energia de peso), esta energia transforma-se em energia cinética (energia de movimento) com a passagem das águas nas tubulações. A água faz girar a turbina transformando a energia cinética em energia mecânica (en. rotacional). O eixo da turbina é acoplado ao gerador de energia elétrica e ao excitador.

Para as grandes usinas a tensão de geração está entre 6,6 a 13,8 kV. O excitador (gerador de corrente contínua) está instalado no topo do gerador principal, fornece alta corrente contínua, aos enrolamentos de campo, necessária para formar o campo magnético no gerador principal.

Nas antigas instalações o gerador era movido por roda d'água vertical. As modernas usinas utilizam geradores verticais montados em turbinas horizontais, os geradores possuem diâmetros que variam de 8 a 12 m, e têm numerosos pólos (até 60), dependendo da velocidade da rotação que geralmente varia de 100 a 600 rpm.

Normalmente a localização desta usina é distante dos centros consumidores, pois é necessário uma posição adequada para a construção da barragem e um estudo econômico das áreas de alagamento. Torna-se necessário então elevar a voltagem para os níveis de transmissão que variam de 13,8 a 750 kV, dependendo da distância e da potência a ser fornecida. A elevação da tensão é feita na subestação elevadora situada junto à casa de força.

A usina hidroelétrica é constituída, portanto, da barragem, da casa de força e da subestação elevadora de voltagem.

Essas usinas tem baixo custo operacional, sem combustível especial e pequena equipe de trabalho. Contudo necessitam de um alto investimento inicial, já que a construção da barragem envolve custos elevados, e como estão situadas distante dos centros consumidores deve-se ainda levar em conta os custos das linhas de transmissão. O tempo de duração destas usinas variam de 70 a 100 anos, uma longa duração em comparação às usinas térmicas e nucleares.

1.2.2-Usinas Térmicas

Essas usinas utilizam como primeiro tipo de energia, a calorífica, oriunda de um combustível (carvão, petróleo ou gás), para se transformar em energia elétrica. Podem ser construídas junto aos centros consumidores, evitando assim os custos com as linhas de transmissão, sua principal vantagem. Como desvantagem está o alto preço dos combustíveis.

Sua operação consiste na formação de vapor pelo aquecimento de água na caldeira, este vapor faz mover as pás da turbina. No eixo da turbina estão acoplados o eixo do gerador elétrico e o excitador. No condensador o vapor se condensa, e a água volta à caldeira para novamente se tornar vapor e assim sucessivamente.

As usinas térmicas possuem baixo rendimento que variam de 35 a 40%. Isto significa que aproximadamente 40% da energia térmica conseguida na caldeira é transformada em energia elétrica. Sua perda principal se acha no circuito de transferência de calor (caldeira).

1.2.3-Usinas Nucleares

O conhecimento da FÍSICA NUCLEAR e o desenvolvimento das técnicas dos reatores fez aparecer entusiastas deste sistema que procuram demonstrar a sua vantagem em relação às demais. Na verdade, as usinas nucleares são usinas térmicas que usam reações nucleares para produzirem calor, em lugar da queima de um combustível. Por se tratar de uma usina que trabalha com combustível de alto risco para as pessoas, observam-se rigorosas precauções de segurança, onde todas as operações são consideradas à prova de falhas. Toda operação é interrompida em frações de segundo, pelos dispositivos de segurança, caso haja qualquer defeito. Como usinas térmicas, elas possuem baixo rendimento que variam de 25 a 40%, necessitam de grandes equipes operacionais e totalmente especializadas. Possuem a vantagem de poderem ser localizadas junto aos centros consumidores.

Estamos assistindo debates de alto nível, onde se procura o melhor sistema para a geração de energia elétrica. Estas discussões se concentram no aproveitamento hidroelétrico e dos combustíveis nucleares, felizmente isto ocorre visando o melhor aproveitamento de vultuosas verbas.

No Brasil parece existir um consenso entre os cientistas e técnicos de que todos os esforços sejam canalizados para construção de usinas que utilizam o aproveitamento hidroelétrico. Isto é definido baseado nos grandes hídricos existentes e ainda inexplorados em nosso país, e já ser uma tecnologia dominada.

1.3-Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica

Uma das vantagens da energia elétrica é a facilidade que pode ser transferida do local de geração para os pontos de consumo. O transporte de eletricidade é conhecido como TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. A produção de eletricidade nas usinas, o sistema de transmissão e distribuição aos consumidores em baixa tensão, são os componentes do SISTEMA DE POTÊNCIA .

A transmissão da eletricidade é feita através dos condutores elétricos. Esses condutores são dimensionados em função da corrente que passa por eles. Quanto maior a bitola dos condutores (seção transversal) maior a sua capacidade de condução de corrente.

Para uma mesma potência de fornecimento ($P = v \cdot i$) quanto maior a tensão menor a corrente no circuito, isso é particularmente interessante na transmissão da energia elétrica, pois condutores de menores bitolas podem ser utilizados, logicamente, diminuindo seu peso o que traz estruturas de suportes (torres de transmissão) mais simples e de menor custo, além de ocorrer menores quedas de tensão ($V = Ri$), ou perda de potência através do efeito Joule ($P = Ri$).

No Brasil e na maior parte do mundo, praticamente, todos os sistemas de transmissão são feitos em corrente alternada, devido à facilidade com que se fazem as variações de tensões, com o uso dos transformadores. Os grandes sistemas de potência são interligados, isso traz maior confiabilidade, pois se uma usina geradora falhar sua carga será suprida por outra usina. Nos momentos de grande consumo de energia, todas as usinas serão exigidas, sem haver sobrecarga em uma só. No período noturno, horário de menor carga, poucas usinas de menor custo operacional, podem suprir grandes áreas. Nos sistemas interligados o grande problema é o controle da sincronização das frequências emitidas pelas várias usinas. Quando uma carga é aplicada repentinamente ao gerador ocorre um atraso, reduzindo a frequência, havendo necessidade de maior abertura das comportas, para fazer a frequência voltar ao valor normal. Se uma carga for removida o gerador se acelera havendo necessidade de menor abertura da comporta. Essas operações são feitas automaticamente.

Junto aos centros consumidores existem as subestações abaixadoras com a finalidade de abaixar as tensões de transmissão para as tensões de distribuição. A transmissão e distribuição da energia elétrica são feitas utilizando-se circuitos trifásicos a três fios (3 fases) a linha de distribuição percorre as ruas de nossas cidades na tensão de 13,8 KV. Essa tensão pode ser utilizada diretamente pelos consumidores industriais, mas é elevada para os consumidores residenciais. Novamente a tensão é abaixada, através dos transformadores de distribuição, para as tensões de uso residencial. A distribuição em baixa tensão é feita usando circuitos trifásicos a 4 fios (3F + M).

No Brasil as tensões mais utilizadas na distribuição elétrica em baixa tensão é 220 volts entre fases e 127 volts entre fases e neutro. Em algumas regiões se utilizam a tensão de 380 volts entre fases e 220 volts entre fase e neutro.

2. CIRCUITOS DE ALIMENTAÇÃO E COMANDO

2.1-Introdução

Praticamente todos os aparelhos elétricos, inclusive as lâmpadas, utilizadas em uma residência são dimensionados para receberem uma tensão de alimentação de cerca de 120 volts.

Nos sistemas usuais de alimentação de energia elétrica (o de Belo Horizonte e da grande maioria das cidades grandes) a tensão de 120 volts (127 v teoricamente) é obtida entre cada um dos condutores FASE do sistema trifásico com o condutor NEUTRO.

Assim, uma tomada destinada, por exemplo, a ligação de uma enceradeira, deverá ser alimentada com um condutor FASE e um condutor NEUTRO. Desta forma haverá permanentemente entre os dois pólos da tomada, uma diferença de potencial de 120 volts.

Para alimentação de qualquer ponto de consumo, os condutores passam dentro de eletrodutos (tubos) cuja função é protegê-los mecanicamente e dar a instalação um melhor efeito estético.

Os eletrodutos constituem uma verdadeira rede, que se estende entre caixas, que são embutidas nas paredes e lajes a fim de conter emendas e derivações dos condutores, abrigar peças como interruptor e tomadas e servir como fixação para os receptáculos de lâmpadas .

2.2-Alimentação e Comando de Ponto de Luz -Interruptores Simples e Múltiplos - Tomadas de Energia

As lâmpadas são geralmente colocadas no teto; os receptáculos são parafusados em hastes que são fixadas nas caixas colocadas nos tetos. A estas caixas chegam os condutores, através dos eletrodutos e são então ligados aos terminais do receptáculo.

Se ligarmos aos terminais do receptáculo um condutor FASE e um condutor NEUTRO, havendo entre eles permanentemente uma tensão de 120 volts, a lâmpada ficará sempre acesa.

Evidentemente, não há interesse que a lâmpada fique permanentemente acesa. É necessário poder-se comandá-la isto é, acendê-la e apagá-la segundo as conveniências. Este comando se faz seccionando um dos dois condutores, FASE ou NEUTRO que a alimentam, por meio de um interruptor. Praticamente, porém atendendo as condições da NB -3 que é a norma da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS que regula a execução de instalações elétricas de baixa tensão (até 600 volts), apenas se pode interromper o condutor fase. Esta exigência da NB-3 é feita para garantir maior segurança a instalação, uma vez que o condutor neutro é aquele que se aterra junto ao quadro de medidores e no transformador abaixador de tensão colocado na rua.

Considerando que o condutor FASE é aquele que será seccionado pelo interruptor e convencionalizado, chama-se de RETORNO, o segmento do condutor fase compreendido entre o interruptor e a lâmpada, o diagrama representativo da alimentação e o comando é o indicado na Fig. 2.

É lógico que o interruptor deve ser colocado em um lugar conveniente, acessível com facilidade.

Os interruptores são colocados dentro de "caixas" apropriadas a fim de se poder embutí-los na parede. A caixa que contém o interruptor é ligada à "caixa de fundo móvel" que se encontra na laje, através de eletroduto dentro do qual passam os condutores necessários às conexões elétricas.

Tem-se, na fig. 3, uma perspectiva e uma planta correspondente de um trecho de instalação contendo uma lâmpada um interruptor para o seu comando e os eletrodutos para os condutores de alimentação e comando.

Observe que o condutor fase, chegando a caixa octogonal de fundo móvel da laje através do mesmo eletroduto que contém o condutor neutro, passa direto dentro desta caixa, sem qualquer ligação elétrica com a lâmpada, ganhando o outro eletroduto que vai ter ao interruptor. O condutor fase é então ligado a um dos terminais do interruptor; do outro terminal de volta ao condutor RETORNO que passando dentro do mesmo eletroduto que trouxe o fio fase do interruptor, chega à mesma caixa de fundo móvel sendo então ligado a um dos terminais do receptáculo da lâmpada (ao outro foi ligado o condutor neutro).

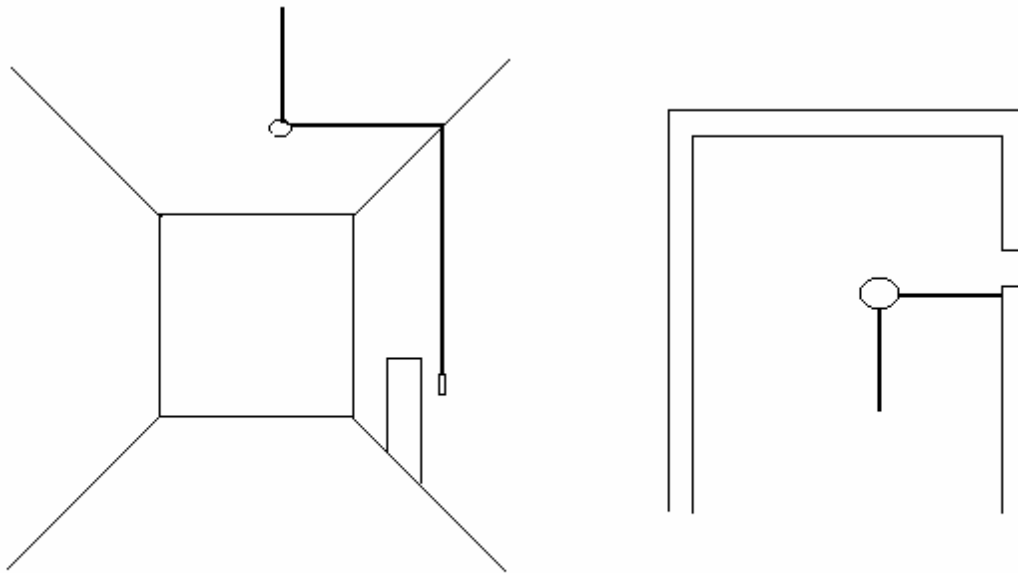


fig. 3: PERSPECTIVA

PLANTA

O diagrama unifilar ou simbólico correspondente à acima.

Vamos imaginar agora a seguinte situação: Duas lâmpadas são comandadas simultaneamente através de um mesmo interruptor figura abaixo.

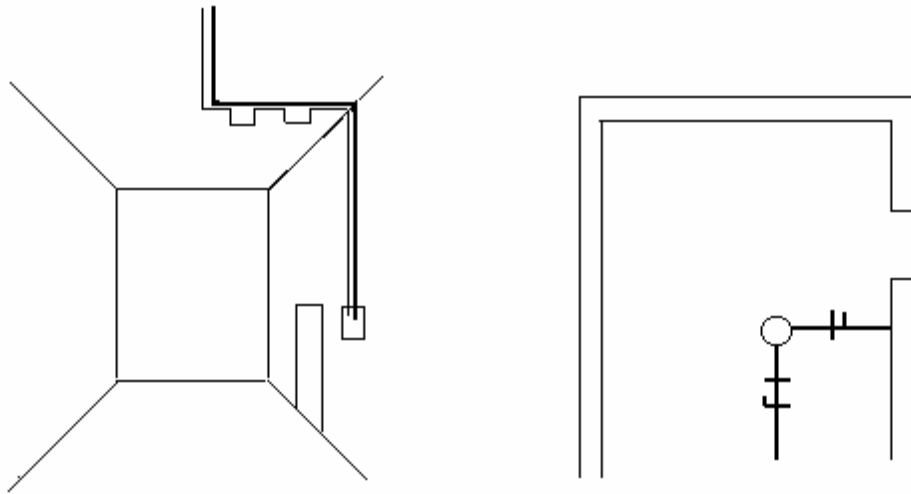


fig. 4: PERSPECTIVA - DIAGRAMA DIFILAR PLANTA - DIAGRAMA UNIFILAR

O condutor neutro é ligado à lâmpada 1 e prolongado até a lâmpada 2 à qual também é conectado. O condutor fase passa direto dentro das caixas que contêm as lâmpadas 1 e 2 e segue sem fazer qualquer contato elétrico até a caixa que contém o interruptor, ao qual é então ligado. Do outro terminal o interruptor nasce o condutor retorno que voltando pelo mesmo eletroduto que trouxe o condutor fase, chega à caixa que contém a lâmpada 2 à qual também é ligado.

Assim, quando fecharmos o interruptor, as duas lâmpadas se acenderam simultaneamente.

Supomos agora que se deseja, de um mesmo ponto, comandar independentemente duas lâmpadas; isto significa dizer que qualquer delas poderá ser acesa ou apagada independentemente uma da outra.

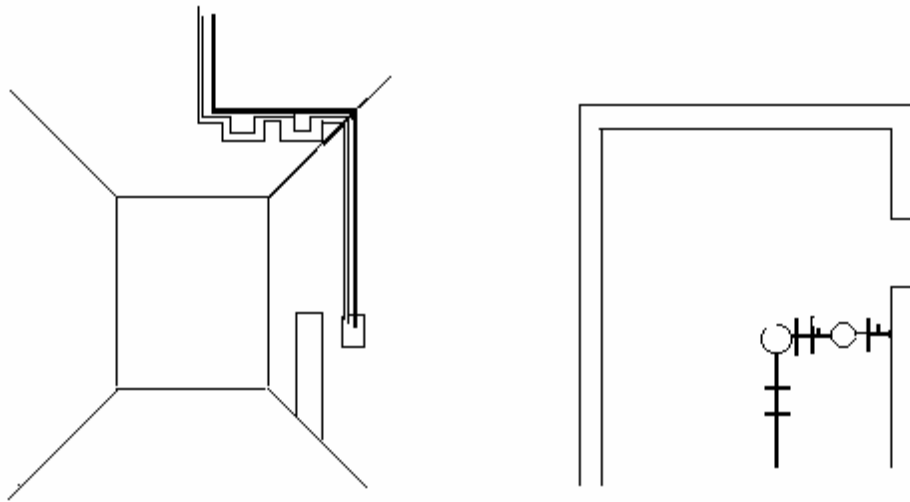


fig. 5: PERSPECTIVA - DIAGRAMA DIFILAR PLANTA - DIAGRAMA UNIFILAR

Neste caso ouve a necessidade de dois interruptores simples (que seriam embutidos em uma caixa de dimensões maiores colocada na parede) ou de dois interruptores conjugados (interruptor duplo ou de duas seções) constituindo uma única peça que pode ser embutida numa caixa comum.

O condutor neutro foi ligado à lâmpada nº 1 e prolongado até a lâmpada 2. O condutor fase, sem qualquer conexão elétrica, seguiu direto até o interruptor 2, ao qual foi ligado tendo sido também prolongado até um dos terminais do interruptor 1 (em caso de se usar um interruptor duplo, há uma "ponte" na própria peça que estabelece este prolongamento). Do outro terminal do interruptor 2 partiu um fio RETORNO que foi ligado à lâmpada 2; também do interruptor 1 voltou um outro fio de retorno que, passando através dos mesmos eletrodutos, foi ligado à lâmpada nº 1. Estas ligações permitem o comando independente das duas lâmpadas.

Circuitos semelhantes aos descritos poderiam ser estabelecidos para se comandar de um mesmo ponto, simultânea ou independentemente, um número qualquer de lâmpada.

Voltemos à situação representada pela figura 3. Imaginemos que se deseja colocar no cômodo uma tomada baixa, destinada, por exemplo, à alimentação de uma enceradeira, na mesma parede em que se encontra o interruptor. Um tipo de ligação possível é o seguinte: une-se a caixa que contém o interruptor com a caixa que deverá conter a tomada através de um eletroduto. Prolonga-se o fio fase desde o interruptor até um dos pólos da tomada e, fazendo-se uma emenda, estende-se o fio neutro a partir da lâmpada até a tomada, passando direto dentro da caixa do interruptor, usando os eletrodutos existentes. Assim a tomada estará permanentemente energizada, isto é, haverá entre os seus pólos uma tensão de fase para neutro igual a 127 volts, independentemente de estar a lâmpada acesa ou apagada.

Se desejasse-mos colocar a tomada na parede oposta à que se encontra o interruptor, a solução seria unir-se diretamente a caixa que conterà a tomada à caixa octogonal de fundo móvel colocada no teto, através de um eletroduto. Tanto o condutor fase quanto o condutor neutro tiram-se emendas ou derivações que então, através do novo eletroduto, irão alimentar a tomada.

2.3-Sistemas Múltiplos de Comando - Interruptores Paralelos e Intermediários - Minutéria

Em diversas situações aparece a necessidade de se poder comandar uma mesma lâmpada de dois ou mais pontos.

Estas situações são solucionadas empregando sistemas múltiplos de comandos que utilizam sistemas especiais:

1º)-Interruptor Paralelo ou "Three-Way" -Aparentemente é o mesmo interruptor simples: tem as mesmas dimensões, a mesma forma e apresenta uma única alavanca; têm, no entanto, três terminais ao invés dos dois encontrados nos interruptores simples. Com a alavanca em uma das posições há o contato entre o terminal central e um dos dois terminais; a outra posição da alavanca estabelece o contato entre o mesmo pólo central e o outro terminal.

Fig. 6:

2º)-Interruptor Intermediário ou Four-Way -Distingue-se dos interruptores simples ou paralelos por ter quatro terminais ou pólos; também só apresenta uma alavanca. As ligações internas do interruptor intermediários são tais que, numa das posições da alavanca há o contato elétrico dos pontos 1 com 4 e 2 com 3; a outra posição da alavanca permite o contato dos pólos 1 com 2 e 3 com 4 (vide fig. 7).

Uma das posições da alavanca

A outra posição da alavanca

FIGURA 7

Imagina agora o seguinte circuito:

FIGURA 8

O sistema emprega dois interruptores paralelos ou intermediários. Se o primeiro estiver na posição 1', como indicado na figura 12, a lâmpada estará acesa. Se passarmos a alavanca do primeiro interruptor para a posição 2 ou a do segundo interruptor para a posição 2', o circuito é interrompido e a lâmpada se apaga. Para fixar idéias, imaginemos que o 1º interruptor esteja colocado no pavimento térreo, e se destina ao comando da lâmpada da escada; admitiremos que sua alavanca esteja na posição referente ao contato 1. O segundo interruptor está instalado no primeiro pavimento e constitui, com o outro interruptor, o sistema múltiplo de comando da lâmpada da escada; a sua alavanca é admitida na posição referente ao contato 2'. Então a lâmpada está apagada.

Como se depreende do que acima foi dito, não existe uma posição definida no interruptor paralelo para a qual a lâmpada esteja acesa ou apagada; isto depende da posição do outro interruptor que, com o primeiro, constitui um sistema múltiplo de comando.

Os condutores 1-1' e 2-2' são também chamados de condutores retorno ou paralelos; normalmente para identificá-los, usa-se os seguinte símbolo:

De uma maneira geral, utilizam-se os mesmos eletrodutos que conduzem o fio fase a um dos interruptores "three-way" e o retorno desde o 2º interruptor à lâmpada, para conduzirem também os dois retornos paralelos. Isto ficará bem esclarecido pelo exame da fig. 9.

Um circuito que permite o comando de uma lâmpada através de três pontos diferentes é o indicado na FIG. 10.

Acionando a alavanca do interruptor intermediário ("four-way"), passaremos a ter contato dos pontos 1' com 2' e 3' com 4'; o circuito ficará interrompido e a lâmpada se apaga.

PERSPECTIVA-DIAGRAMA BIFILAR PLANTA- DIAGRAMA UNIFILAR
FIGURA 9

FIGURA 10

Da mesma forma como foi explicado para os interruptores "three-way", com qualquer um dos três interruptores poderemos acender ou apagar a lâmpada.

Também de maneira análoga, os condutores 1-1', 2'-1", 2-3', 4'-2" são chamados de retornos paralelos e representados pelo símbolo:

O que é importante notar aqui é que o sistema de comando através de três pontos diferentes (sistema "four-way") exige o emprego de dois interruptores "three-way" nas extremidades e um "four-way" na posição intermediária (de onde o nome também dado a esses interruptores).

Se devesse comandar uma lâmpada de quatro pontos diferentes, os dois interruptores das extremidades seriam "three-way" e os intermediários "four-way".

De uma maneira genérica, para se comandar uma lâmpada (ou um grupo de lâmpadas simultaneamente) através de n pontos, são requeridos dois interruptores "three-way" e $n-2$ interruptores "four-way".

Imaginemos que se queira comandar simultaneamente duas lâmpadas através de três pontos diferentes; o diagrama é o seguinte:

FIGURA 11

MINUTERIA- Existe também um sistema especial de comando no qual, acionando-se um botão, a lâmpada é acesa para depois de um certo tempo, geralmente um minuto (donde o nome), ser apagada automaticamente.

O sistema utiliza um mecanismo de relógio conjugado com contatos de mercúrio ou um pequeno motor de baixa rotação. Não é de utilização freqüente entre nós.

Apenas como informação, citamos também a existência do controle "master switch" pelo qual se pode comandar, de um mesmo ponto, diversas lâmpadas situadas em locais diferentes, sendo muito usado em teatros, cinemas, etc..

3. DIMENSIONAMENTO DA SEÇÃO DOS CONDUTORES

3.1- Introdução

Este capítulo tem por finalidade fornecer aos usuários de fios e cabos de energia os critérios para dimensionamento da seção dos condutores de produtos isolados. Fornece também tabelas práticas que abrangem toda nossa gama de fabricação normal.

As tabelas de capacidade de corrente estão rigorosamente de acordo com as especificações da NBR-5410 -Ed. 1980 (NB-3).

Considerações gerais

A seção dos condutores é dimensionada com base na máxima corrente permissível (limitada pela classe de temperatura da isolação) ou pela máxima queda de tensão normalizada pela ABNT na norma NBR-5410 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO. Adota-se como seção aquela correspondente à condição mais desfavorável.

Queda de tensão

Segundo a ABNT -Norma NBR-5410, a queda de tensão de uma instalação deverá ser calculada considerando-se a carga instalada e os fatores de demanda explicitamente previstos nessa norma, em base ao valor nominal da tensão de serviço e até o ultimo ponto de utilização da energia.

Em circuitos terminais a queda de tensão será considerada de maneira análoga, entre os pontos inicial e final do circuito.

Para os efeitos dessa norma, serão considerados os pontos em que se verifica o valor nominal da tensão de serviço da instalação:

- a) junto ao medidor de energia do prédio, no caso de consumidores que recebam energia sob a tensão de utilização.
- b) nos bornes secundários do transformador abaixador ou nos barramentos da distribuição secundária, nos casos de consumidores que recebam energia sob alta-tensão.

Valores Admissíveis

A queda de tensão entre a origem da instalação e qualquer ponto de utilização deve ser igual ou inferior aos valores abaixo, em relação à tensão nominal da instalação:

a) para instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão, a partir de uma rede de distribuição pública de baixa tensão:

iluminação 3%

outras utilização..... 5%

b) instalações alimentadas diretamente por uma subestação de transformação a partir de uma instalação de alta tensão ou que possuam fonte própria:

iluminação..... 6%

outras utilizações..... 8%

Nota: Em qualquer dos casos, a queda de tensão parcial nos circuitos terminais para iluminação deve ser igual ou inferior a 2%. Quedas de tensão maiores que as especificadas acima desde que dentro dos limites permitidos em suas normas correspondentes, são admitidas para:

- a) motores durante o período de partida;
- b) outros equipamentos com corrente de partida elevada.

Para o cálculo das quedas de tensão nos circuitos devem ser empregados os valores de cargas determinadas conforme a NBR 5410.

Dimencionamento da seção do condutor pelo critério da máxima queda de tensão

Nas tabelas 4 a 7 (páginas 18 e 19) estão indicados os valores de queda de tensão em volts por ampere x quilômetro, a partir dos quais podemos determinar a seção indicada, para uma corrente e comprimento do circuito, a fim de que não seja ultrapassado o limite de queda de tensão estabelecido pela norma NBR 5410.

Dimensionamento da seção pelo critério da máxima corrente

Neste caso a corrente a ser transportada pode ser obtida através das seguintes fórmulas:

Sistema Monofásico

$$\text{corrente (A)} = \frac{\text{Potência (kVA)}}{\text{Tensão (kV)}}$$

Sistema Trifásico

$$\text{corrente (A)} = \frac{0,578 \times \text{Potência}}{\text{Tensão (kV)}}$$

A seção do condutor é obtida das tabelas de correntes máximas admissíveis, em função da maneira de instalar, do número de condutores carregados e da corrente a transportar.

Observação

Uma potência dada em kW pode ser Transformada em Potência Aparente dada em kVA dividindo-a pelo fator de potência da carga.

Por exemplo, para uma instalação de motores o fator de potência pode ser considerado como 0,8 e neste caso: $\text{potencia (kVA)} = \frac{\text{Potencia (kW)}}{0,8}$

Seções Mínimas (NBR-5410)

As seções mínimas dos condutores fase em instalações residenciais são:

iluminação..... 1,5 mm

Tomadas de correntes em quartos, salas similares..... 1,5 mm

Tomadas de correntes em cozinhas, áreas de serviço, garagens e similares..... 2,5 mm

Aquecedores de água em geral..... 2,5 mm

Aparelhos de ar condicionado..... 2,5 mm

Fogões elétricos..... 6,0 mm

Obs: Conforme a NBR-5471, são definidos:

a) cabo isolado = cabo dotado de isolamento

b) cabo unipolar = cabo isolado constituído por um único condutor, com cobertura

c) cabo multipolar = cabo isolado constituído por vários condutores isolados, com cobertura.

Nota 1 - as dimensões dos eletrodutos, dutos e calhas são supostas de valores tais que o espaço ocupado dos cabos isolados se aproxime do máximo compatível com uma montagem fácil.