

TRABALHO 135

**PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
EM UMA PLANTA INDUSTRIAL RECICLADORA**

**ADRIANO AUGUSTO DE MIRANDA
JOANITO JOSÉ PINHEIRO**

Como fazer a referência ao citar o trabalho 135

MIRANDA, Adriano Augusto de; PINHEIRO, Joanito José. Projeto de eficiência energética em uma planta industrial recicladora. In: NASCIMENTO NETO, José Osório do; RIBEIRO, Nonie; CANDIOTTO, Lucimara Bortoleto. (Orgs.). *Tecnologia e inovação: limites e possibilidades do metaverso para a pesquisa, extensão e internacionalização*. Anais do Seminário de Pesquisa, extensão e internacionalização. (Regional Centro Sul – SEPESQ e Jornada de Iniciação Científica Estácio). 1. ed. Curitiba: GRD, 2023. ISBN: 978-65-997628-5-7 FATEC | ISBN: 978-65-997628-4-0 ESTÁCIO | DOI: 10.5281/zenodo.7922707

Projeto de eficiência energética em uma planta industrial recicladora

Autor¹: Joanito José Pinheiro

Autor²: Adriano Augusto de Miranda

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o ramo industrial é extremamente competitivo, fazendo com que cada vez mais indústrias tenham a necessidade de tornar suas plantas industriais o mais eficiente possível, sendo assim a eficiência energética mostra-se muito importante, pois o desperdício de energia elétrica leva a um custo maior de produção, tornando assim uma indústria menos competitiva e por consequência reduzindo seus lucros.

Tendo em vista a necessidade da busca pela eficiência energética este trabalho tem como objetivo buscar formas de reduzir o desperdício de energia elétrica em uma planta industrial,

Por Este projeto esse projeto tem a finalidade de avaliar, identificar e propor melhorias no sistema elétrico de uma planta industrial de reciclagem de Material Plástico. Foram pesquisados novos dispositivos para a modernização do sistema de iluminação, Tendo sempre em mente a necessidade de redução no consumo de energia elétrica sem reduzir a qualidade da iluminação do local.

Foram avaliados todos os motores utilizados na planta, a fim de identificar e trocar possíveis motores com problemas de dimensionamento, felizmente não foram constatadas motores Mal dimensionados. Após análise do sistema de aquecimento da extrusora, constatou-se que seria possível modernizar o sistema, tornando-o mais eficiente e econômico com a introdução de um controle de temperatura PID.

2. JUSTIFICATIVA

Atualmente o ramo industrial é extremamente competitivo, fazendo com que cada vez mais indústrias tenham a necessidade de tornar suas plantas industriais o mais eficiente possível, sendo assim a eficiência energética mostra-se muito importante, pois o desperdício de energia elétrica leva a um custo maior de produção, tornando assim uma indústria menos competitiva e por consequência reduzindo seus lucros.

Tendo em vista a necessidade da busca pela eficiência energética este trabalho tem como objetivo buscar formas de reduzir o desperdício de energia elétrica em uma planta industrial.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

1 Aluno – Curso ... – Unidade Curitiba – Cristo Rei.

2 Docente – Curso de Engenharia Civil – Unidade Curitiba – Cristo Rei.

Realizar um estudo, analisar e identificar formas de reduzir o consumo de energia elétrica na planta industrial tendo sempre o cuidado de manter a qualidade produtiva.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

No estudo de campo detectar dispositivos como motores que estejam subdimensionados ou superdimensionados e até mesmo cabeamento avariado, assim como propor a troca de dispositivos ultrapassados ou avariados que levam a um maior consumo de energia elétrica.

Serão propostas mudanças no processo e controle da planta para aumentar a eficiência energética.

METODOLOGIA

Realizar a troca do sistema de aquecimento das extrusoras, substituindo o sistema de controle analógico por um sistema de controle (PID), o que confere maior eficiência no controle de temperatura em uma significativa economia de energia elétrica, dispensando a utilização de ventoinhas.

Realizar análise de carga em todos os motores a fim de substituir os motores com menos eficiência e mal dimensionados.

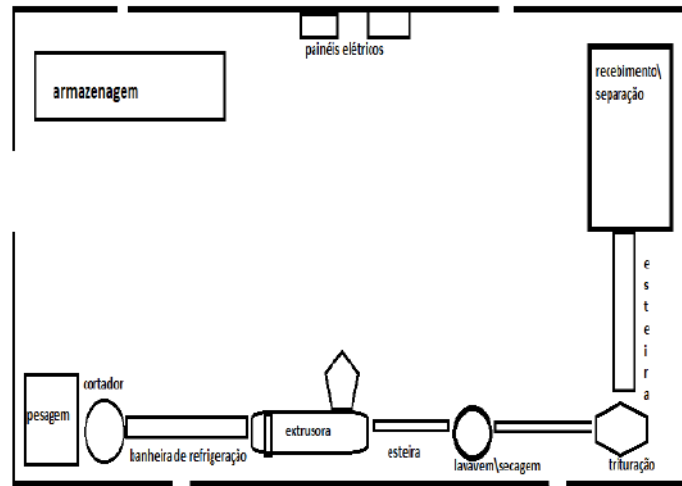
Através de análise termográfica identificar equipamentos com sobreaquecimento, cabos mal conectados ou até mesmo subdimensionados.

Desenvolver um sistema de iluminação mais moderno e eficiente .

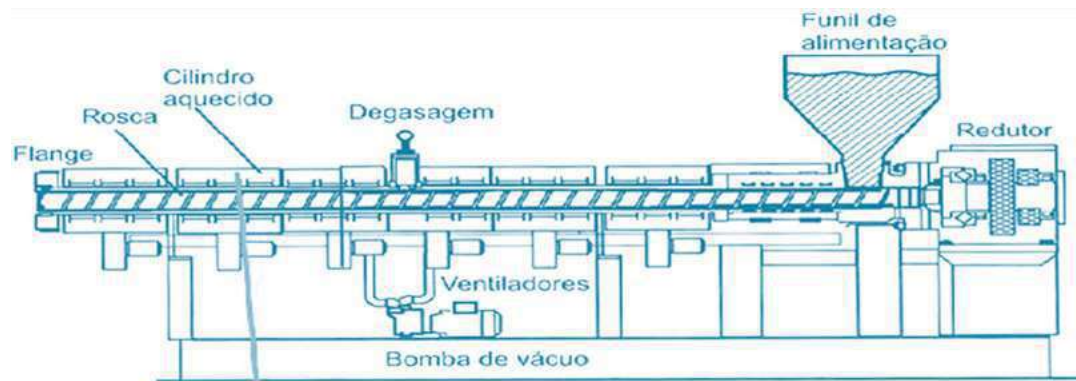
DESENVOLVIMENTO

Processo de reciclagem da fabrica

O processo começa com o recebimento do material a ser reciclado, após a separação e classificação o material segue por esteira para o triturador, onde o material tem seu tamanho reduzido para que possa ser mais bem processado pela extrusora seguindo assim para lavagem e secagem, tendo o material lavado e seco o mesmo é extrudado resfriado e cortado transformando-se em pellets que é vendido para outras empresas de transformação de material plástico.



Funcionamento de extrusora



A transformação por extrusão é o método empregado para produção de filmes plásticos usados em muitas aplicações. Além da produção de material granulado novo ou reciclado

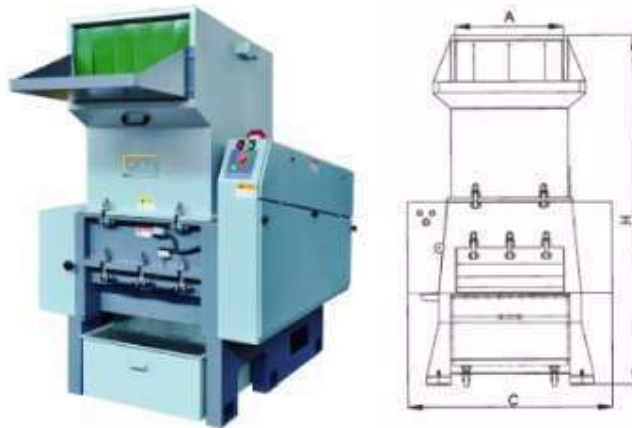
O processo de fabricação que acontece numa extrusora de plástico começa com a inserção de resinas termoplásticas no equipamento. O funil da extrusora é alimentado com o material granulado ou moído, que por causa da gravidade cai sobre uma rosca que o transportará dentro de um cilindro aquecido por resistências elétricas, parte desse calor é provida pelo atrito do próprio material com as paredes do cilindro. Nessa fase, o material passa por três zonas: alimentação, compressão e dosagem.

Na zona de alimentação a rosca tem sulcos profundos, o intuito é que o material seja aquecido perto de seu ponto de fusão para então ser transportada a próxima zona. Direcionado para a zona de compressão existe uma diminuição progressiva dos sulcos de rosca, comprimindo o material contra parede do cilindro promovendo sua plástificação.

No final do processo, o material é forçado contra telas de aço que seguram as impurezas como metal e borracha. Em seguida, passa para a matriz onde irá adquirir a forma de produto final que no caso são os pellets, após pesados e ensacados podem ser entregue ao consumidor final.

Equipamentos da linha de produção

Moinho:



O moinho para plástico tritura o material, de forma que ele fique com um formato granulado, é a forma correta para realizar a reciclagem de maneira econômica. O moinho para plástico é capaz de triturar peças de diferentes dimensões e diferentes graus de rigidez, o que faz dele uma máquina muito versátil, utilizável em diversas situações.

Além disso, o moinho para plástico geralmente não demanda muita energia durante o processo.

Puxador:



O puxador tem a finalidade de transportar o material moldado em forma de macarrão pela banheira de resfriamento para posteriormente ser cortado adquirindo o formato de pellets.

Banheira de resfriamento:

Sua função é resfriar o material da extrusora, além de dar forma ao produto em questão, pois o material deve estar em uma temperatura adequada para que o corte seja preciso.



Picador



O picador tem a função de cortar o material em pequena porção em torno de 5mm, para a venda de material reprocessado, seu corte tem que ser preciso para atender as especificações do cliente.

Iluminação fabril:

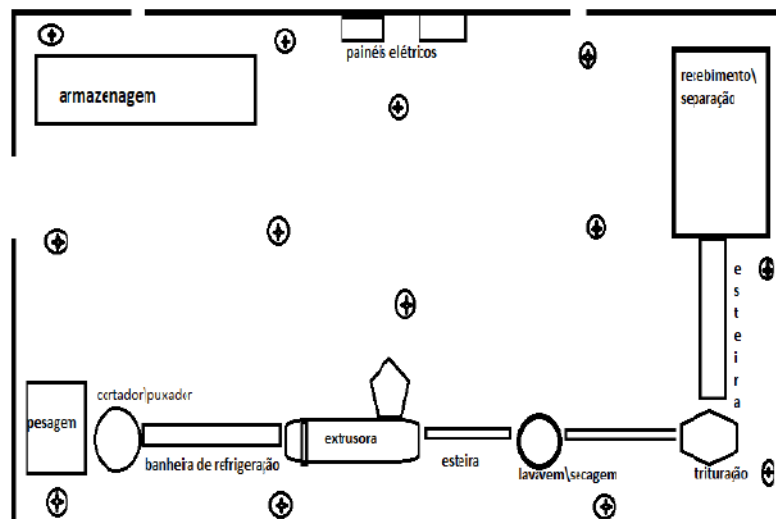
Com o objetivo de reduzir os custos com a conta de luz da fábrica a ideia é trocar lâmpadas mais antigas por lâmpadas novas e mais eficientes, que duram mais, gastam menos, pois sua manutenção pode ser reduzida.

Alguns tipos mais comuns encontrados:



- **Lâmpadas incandescentes** – São bem antigas, muito utilizadas em todo mundo, porém são totalmente ineficientes. Por causa dessa baixa eficiência ela gasta muita energia e produz pouca luz. Apenas 5% da energia elétrica consumida se transformam em luz, o restante é transformado em calor.
- **Lâmpadas alógenas** – Estas também são consideradas lâmpadas incandescentes, porém por possuírem halogêneos (Bromo ou iodo) são conhecidas como alógenas. Estas lâmpadas podem ser utilizadas em tensão 110 ou 220 volts, sendo consideradas de baixa eficiência, porém é superior em comparação com as lâmpadas incandescentes. Mas elas também podem ser utilizadas em 12v, porém é necessária a utilização de um transformador o que torna a aplicação mais cara, mas com uma eficiência mais alta.
- **Lâmpadas fluorescentes** – Bem popular em residências e no comércio em geral, pois possuem uma alta eficiência e um baixo consumo de energia elétrica. As mais antigas necessitam do uso de um reator eletrônico externo para o funcionamento, os modelos mais novos são compactos e não necessitam de reator.

Iluminação da fábrica:



A área fabril da planta de reciclagem tem sua iluminação composta por treze refletores com lâmpadas de vapor de sódio 250 w.

Descrição:

LÂMPADA VAPOR SÓDIO SON-E 250W 20000LM E40 - OSRAM

ESPECIFICAÇÕES

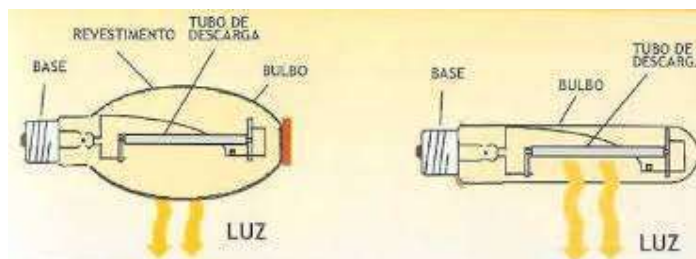
POTÊNCIA (W)	250
BASE	E40
FLUXO LUMINOSO (LM)	20000
TEMPERATURA DE COR (K)	2000
ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR (IRC)	20-39
VIDA MÉDIA (H)	32000
QUANTIDADE POR EMBALAGEM (PÇ)	20
REFERÊNCIA	7004753 7009623
MARCA	OSRAM
UNIDADE	PEÇA

PESO (KG)

0,209

Lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão

A lâmpada de vapor de sódio é constituída de um tubo de descarga cilíndrico e translúcido, com um eletrodo em cada extremidade. O tubo de descarga é sustentado por uma estrutura mecânica, sob vácuo, no interior em um bulbo de vidro borossilicado, com formato tubular ou elipsoidal. Em lâmpadas convencionais, o tubo de descarga contém vapor de sódio a pressão de 0.13 atmosferas, vapor de mercúrio a pressão de 0.5 a 2 atmosferas e xenônio, que atua como gás de partida, gerando calor para vaporizar o mercúrio e o sódio. O mercúrio, na forma de vapor e a uma pressão significativamente superior ao sódio, reduz a perda por calor e eleva a tensão de arco da lâmpada.



Troca de iluminação por lâmpadas led



INFORMAÇÃO TÉCNICAS

- Potência 150 w

- Fluxo Luminoso: 18.000lm
 - Não emite UV e IV (livre de calor / radiação infravermelho e ultravioleta);
 - Baixo consumo;
 - Tensão: Bivolt 90/240 v.
 - Foco: 60° (ângulo de abertura da luz);
 - Vida estimada do LED: 25.000 horas;
 - Índice de proteção: IP20 (uso interno);
-
- Dimensões:
 - Altura: 375 mm
 - Diâmetro: 500m

Luminária LED Alto Brilho X Vapor de Sódio

Se compararmos os lúmens emitidos por uma fonte de luz de vapor de sódio a uma equivalente em LED, veremos que os números são amplamente favoráveis ao vapor de sódio. No entanto, visualmente podemos perceber a maior eficácia da iluminação a LED. Por que isso acontece? Por que uma luminária em LED produzindo 4 a 5 vezes menos lúmens é mais efetiva do que uma luminária a vapor de sódio? Por que um projetor LED de 60 Watts substitui com absoluta vantagem a iluminação efetiva de uma lâmpada em vapor de sódio de 120 Watts?

Um estudo realizado em 2008 pelo Departamento de Energia dos EUA comprovou que, apesar da quantidade de lúmens por metro quadrado (lux) do LED ser numericamente inferior, o resultado perceptível da iluminação à LED é igual ou superior ao do vapor de sódio.

VANTAGENS DA ILUMINAÇÃO LED EM RELAÇÃO À ILUMINAÇÃO À VAPOR DE SÓDIO

- Uma lâmpada de vapor metálico tem vida útil de 5.000 a 20.000 horas, enquanto o LED de alto brilho dura de 50.000 a 100.000 horas;
- Uma lâmpada de vapor de sódio terá apenas 40% de sua luminescência após metade de sua vida útil, enquanto o LED de alto brilho permanecerá com índice acima dos 90%;
- Cerca de 60% da luz emitida pela lâmpada de vapor de sódio dispersa-se em direção diferente à desejada, enquanto a dispersão da luz em uma luminária LED é diretamente focada na área a ser iluminada;
- As lâmpadas de vapor metálico possuem altas quantidades de mercúrio e demandam cuidados especiais para serem descartadas após seu ciclo de vida útil.
- O LED não emite raios UV e permite uma renderização de cores superior às lâmpadas de vapor metálico;
- As luminárias INLED funcionam na faixa de 100 à 250 Vac, são muito mais leves e não necessitam de reator;
- Por último, uma lâmpada de vapor metálico necessita de 4 a 6 minutos para acender quando acionada, e quase o dobro desse período para reacender caso haja queda de energia. O LED acende e reacende imediatamente quando acionado.

COMPARATIVO DE CUSTOS ULUMINAÇÃO ATUAL X ILUMINAÇÃO LED

A iluminação atual é realizada com lâmpadas de vapor de sódio, 250 w sendo utilizadas por 8 horas por dia, 30 dias por mês.

Lâmpada de 250 w fica ligada 8 horas por dia durante 30 dias e temos 13 lâmpadas.

Potência: 250 w

horas: 8

dias: 30

n° lâmpadas: 13

$$250 \times 8 \times 30 \times 13 = 780 \text{ kWh}$$

Gasto por mês:

Consumo da lâmpada; 780 kWh

$$780 \times 0,793872 = \text{R\$ } 619,220$$

tarifa Curitiba: 0,793872.

Custos da iluminação com lâmpadas LED :

A iluminação atual é realizada com lâmpadas de vapor de sódio, 150 w sendo utilizadas por 8 horas por dia, 30 dias por mês.

Lâmpada de 150 w fica ligada 8 horas por dia durante 30 dias e temos 13 lâmpadas.

Potência: 150 w

horas: 8

dias: 30

n° lâmpadas: 13

$$150 \times 8 \times 30 \times 13 = 468 \text{ kWh}$$

Gasto por mês:

Consumo da lâmpada; 468 kWh

$$468 \times 0,793872 = \text{R\$ } 371,532$$

tarifa Curitiba: 0,793872.

Resultado teórico da troca de iluminação da fabrica:

Custo mensal aproximado com iluminação vapor de sódio: 619,220

Custo mensal aproximado com iluminação led: 371,532

Economia gerada: 247,688

Com a Lâmpada led temos uma perda aceitável de luxo luminoso porem mostrou-se 40% mais econômico.

Dimensionamento de motores

Motores sobredimensionados

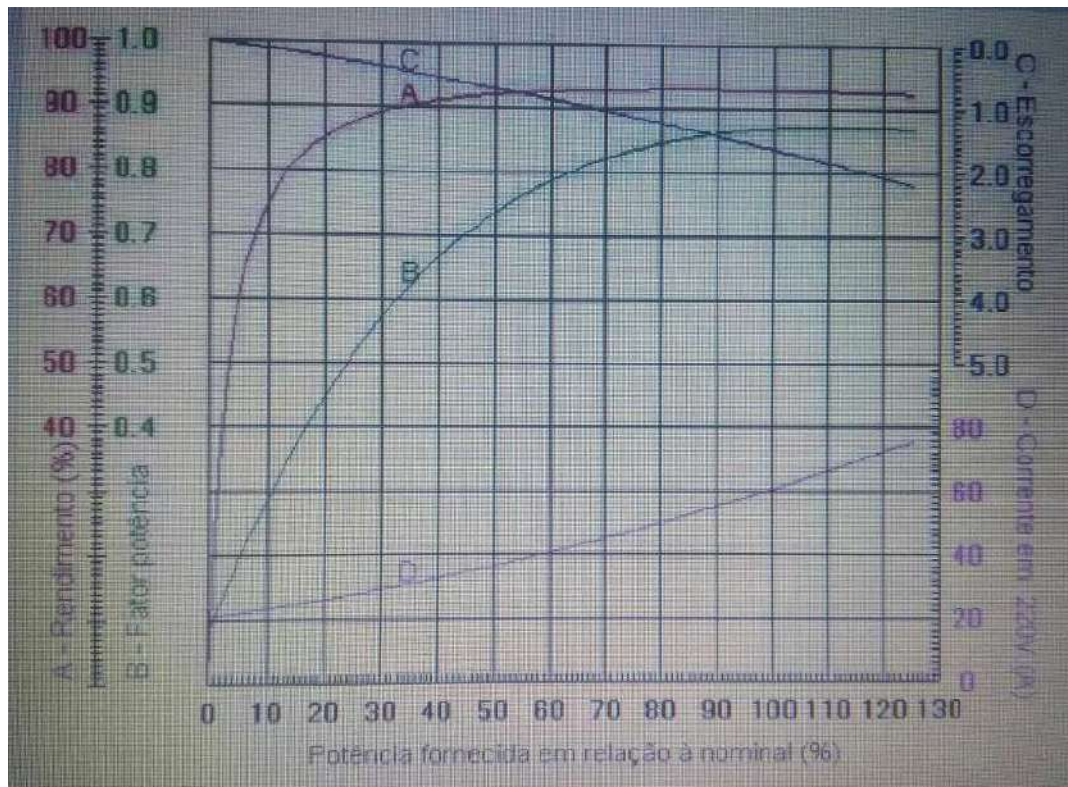
MOTORES ELETRICOS

Os motores elétricos com potências acima do que especificado, resultam em um custo inicial maior com menos potência e rendimento. O motor deve ser aplicado conforme planejado pelo projetista, pois além de se gastar mais na compra, poderá elevar o consumo de energia desnecessariamente. Existe nos motores o **fator de serviço**, que mostra quantas vezes o motor elétrico pode operar em regime nominal com um aumento de potência, exemplo: FS (fator de serviço) = 1,15, ou seja, pode operar com 15% a mais de carga na mesma faixa de tensão e frequência, **mas tome cuidado**, pois o motor sofre variação de suas grandezas com a alteração da altitude e temperatura.

Embora o motor elétrico tenha um fator de serviço para operar em sobrecarga, ele pode sim diminuir sua vida útil em função da variação do regime de trabalho. Fique atento para não aplicar o motor para uma máquina e depois trocá-lo para outra.

O rendimento e o fator de serviço têm sua variação conforme a carga, como indica as curvas características de cada motor que deve ser visualizada no catálogo de cada fabricante. Otimizar o sistema requer um estudo detalhado de todas as partes ligadas direta ou indiretamente como é o caso de um motor acionando uma bomba com conversor de frequência.

Exemplo no gráfico:



O gráfico 1 mostra que quanto **menor a carga** (potência fornecida em relação à nominal), menor é o rendimento do motor e o fator de potência. Saiba que quanto menor o rendimento do motor elétrico maiores serão as perdas. De acordo a fabricante WEG, a faixa de operação recomendada está entre 75% e 100%, pois indica uma região estável mesmo sofrendo variações de carga.

Perceba na curva verde (fator de potência) que quando você utiliza uma potência menor do que a especificada pelo motor, o fator de multiplicação abaixa. Este fator está diretamente relacionado a energia reativa na fatura, o que gera multa ao usuário pelo consumo indevido. Uma das soluções encontradas na indústria para resolver este problema é colocando um banco de capacitores para correção do fator de potência, que muitas vezes é utilizado de maneira indevida e não consegue atender as expectativas na redução de custos.

Dimensionar um motor de forma correta é a melhor maneira para manter eficiente seu sistema de energia elétrica.

Motores subdimensionados:

O subdimensionamento de um motor ocorre quando o motor instalado não tem a capacidade de fornecer o trabalho demandado o que causa um sobreaquecimento uma vez que o motor acaba trabalhando acima de sua corrente nominal , quando utilizado por muito tempo pode causar desarmes ou até a queima do motor.

Motores da fábrica:

Não foram observados motores fora da faixa nominal de corrente, e nenhum motor apresentou sobreaquecimento.

MOTORES UTILIZADOS NA PLANTA INDUSTRIAL

MOINHO DE RESIDUOS:

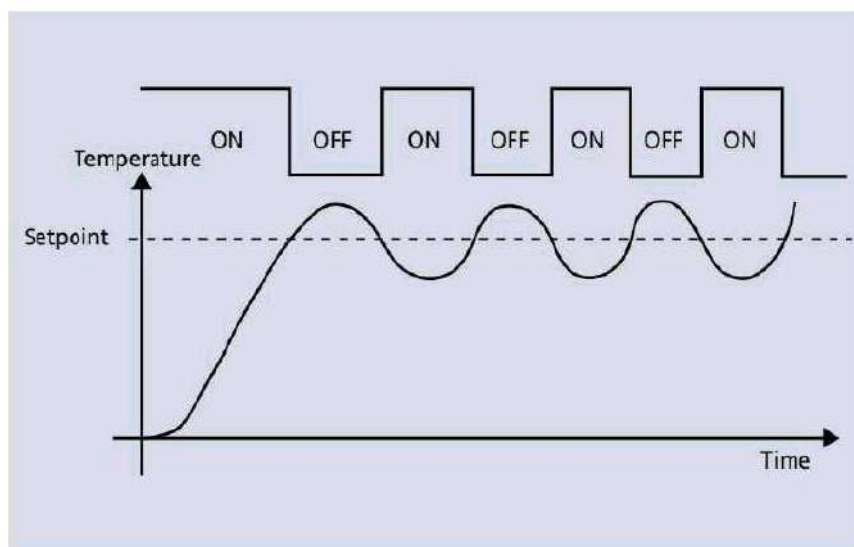
MOTOR 7,5 CV

3200 RPM

Sistema de aquecimento da extrusora:

Aquecimento atual:

O controle de temperatura atualmente utilizado ON/OFF é o mais barato de todos os tipos de controle e também o mais simples em termos de funcionamento pois o seu controle é apenas ligar ou desligar. Por exemplo, no caso de uma temperatura medida ficar abaixo de um certo ponto, os sinais de controle são enviados para a máquina ligar um resistência de forma com que a temperatura se eleve. Da mesma forma, se a temperatura ultrapassar um determinado ponto, o controle de temperatura é acionado para desligar a resistência ou ligar um sistema de resfriamento a fim de baixar esta temperatura.



Este sistema de aquecimento mostrou-se ineficiente pois a inercia no aquecimento faz com que seja necessário a utilização de um sistema de resfriamento que no caso é um sistema de ventoinhas.

Sistema de aquecimento proposto:

O controle de temperatura PID combina o chamado controle proporcional com o controle integral e derivativo (PID). Assim, ele permite que o sistema opere dentro de uma banda proporcional da mesma forma que um controle proporcional faz, mas com duas características adicionadas que melhoram a regulação global da temperatura. O recurso proporcional permite que o controle reaja às circunstâncias atuais e ajuste adequadamente. Já valor integral leva em consideração a soma de eventos recentes (ou seja, ritmos de

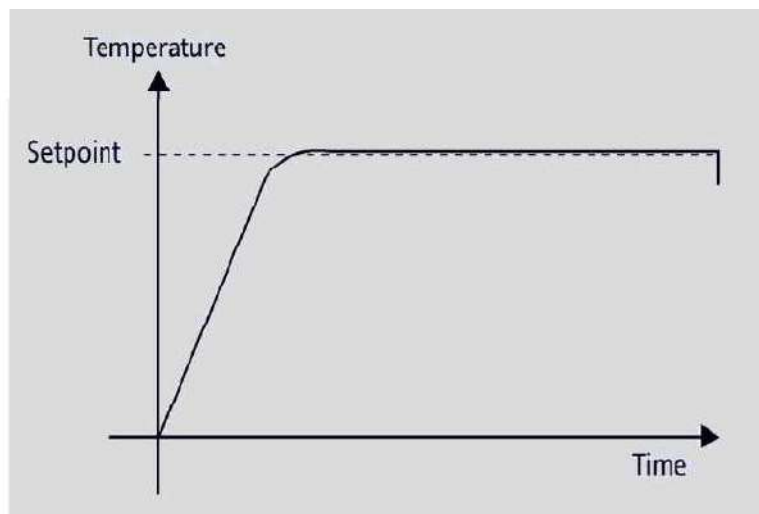
controle proporcionais passados) e o valor derivado por sua vez determina a reação apropriada com base na taxa com a qual os ritmos passados estão mudando. Combinados, os três usam dados atuais, dados passados e a taxa na qual os dados estão mudando para definir um algoritmo específico de controle de temperatura compensando assim, o erro de temperatura entre a variável de processo e o ponto de ajuste, mantendo uma temperatura constante.

Em termos simples, PID significa:

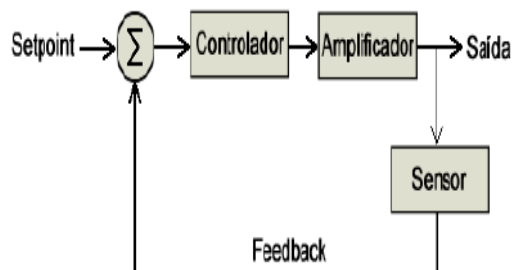
P para Proporcional

I para Integral

D para Derivativo



O sistema PID se baseia em uma lógica de servomecanismo controlando a temperatura recebendo informação de um sensor.



Este sistema mostra-se mais econômico que o sistema de aquecimento anterior encontrado na extrusora reduzindo o tempo em que a resistência fica ligada e dispensando a utilização de ventoinhas para controle da temperatura desejada

Controlador utilizado:



Ficha técnica:

Especificações técnicas N1040T:

- Entrada para Pt100 e termopares J/K/T, sem qualquer alteração de hardware ou recalibração
- Auto-sintonia dos parâmetros PID
- Saídas: 2 relés SPST 1,5 A, 1 relé SPDT 3 A e pulso lógico 5 Vcc (ideal para acionar relés de estado sólido)
- As saídas possuem 2 funções programáveis: controle ou alarme
- Funções de alarme: mínimo, máximo, diferencial, diferencial mínimo, diferencial máximo, sensor aberto
- Duas funções de alarme direcionadas para uma mesma saída
- Fonte de alimentação chaveada 100~240 Vca, opcionalmente 24 Vcc
- Função saída segura que permite ao usuário estabelecer a condição da saída de controle em caso de falha no sensor
- Função LBD (Loop Break Detection). Percebe falhas na malha de controle
- Entrada digital
- Menu de programação simplificado. Fácil operação
- Número de série eletrônico indelével com 8 dígitos, acessível pelo display
- Contagem crescente e decrescente
- Intervalo de temporização ajustável entre 00:00 a 99:59 (hh:mm ou mm:ss)

- Disparo do temporizador por entrada digital, SP, teclado ou ao habilitar o controle de temperatura
- Saída vinculada ao temporizador pode ligar ou desligar ao final do intervalo de temporização
- Teclas em silicone
- Painel frontal: IP65
- Certificação UL e CE

Modelos Controladores N1040T:

8104219300 – N1040-T- 3 relés + pulso

8104219310 – N1040-T 24 v- 3 relés + pulso

3. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo identificar, analisar e propor adequações na planta industrial de reciclagem a fim de aumentar a eficiência energética, reduzindo os custos com energia elétrica. Inicialmente foi observado que o sistema de iluminação poderia ser substituído por um sistema mais moderno podendo assim haver uma economia significativa com a substituição das lâmpadas antigas de vapor de sódio por modernas lâmpadas de led, Foi realizada uma inspeção em toda rede elétrica para observar possíveis erros de dimensionamento, sendo constatado que não havia motores subdimensionados ou superdimensionados.

Por fim realizamos uma inspeção no sistema de aquecimento da extrusora, o mesmo apresentava um sistema de aquecimento do tipo on/off, pouco eficiente, uma opção viável para substituição deste sistema ultrapassado é a instalação do Sistema de Controle de aquecimento do tipo PID, seu sistema possibilita um controle de temperatura muito próximo ao set-point sem variações significativas fazendo com que o Controle de Processo seja melhorado e dispensando a utilização de ventoinhas para o controle da temperatura, o sistema PID mostrou-se além de eficiente do controle do processo de aquecimento, também econômico. Após realizado essas modificações no sistema elétrico da planta industrial, constatou-se que houve uma redução nas perdas de energia elétrica.

REFERÊNCIAS:

<https://www.copel.com/hpcweb/copel-distribuicao/eficiencia-energetica/> acesso em 20/05/2020

<http://www.light.com.br/grupolight/Empresas-do-Grupo/light-esco.aspx> .

MAMEDE FILHO, João. Instalações Elétricas Industriais. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 914p.

MARTINS, Maria Paula de Souza. Inovação Tecnológica e Eficiência Energética. 1999 43 p. Monografia (Pós-Graduação). Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

MESQUITA, André Luiz Martins; FRANCO, Fernando Melo. Eficiência Energética e uso Racional de Energia – Estudo de Caso. 2004, 84 p. Monografia (Conclusão do curso) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Goiânia.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas, Brasília, 2011.