

# Acionamentos Eletrônicos

## Aula 01 - Introdu o aos acionamentos eletrônicos

# Apresentação

---

Para entender os conceitos e técnicas dos acionamentos eletrônicos, primeiro temos de conhecer e entender as grandezas básicas que estão envolvidas com as máquinas elétricas.

Nesta aula, veremos a definição de acionamento eletrônico, assim como sua necessidade e justificativa, enfatizando suas vantagens e desvantagens.

## Objetivos

- Reconhecer a necessidade dos acionamentos eletrônicos
- Saber definir um acionamento eletrônico
- Reconhecer e definir os conceitos e termos básicos envolvidos com as máquinas elétricas

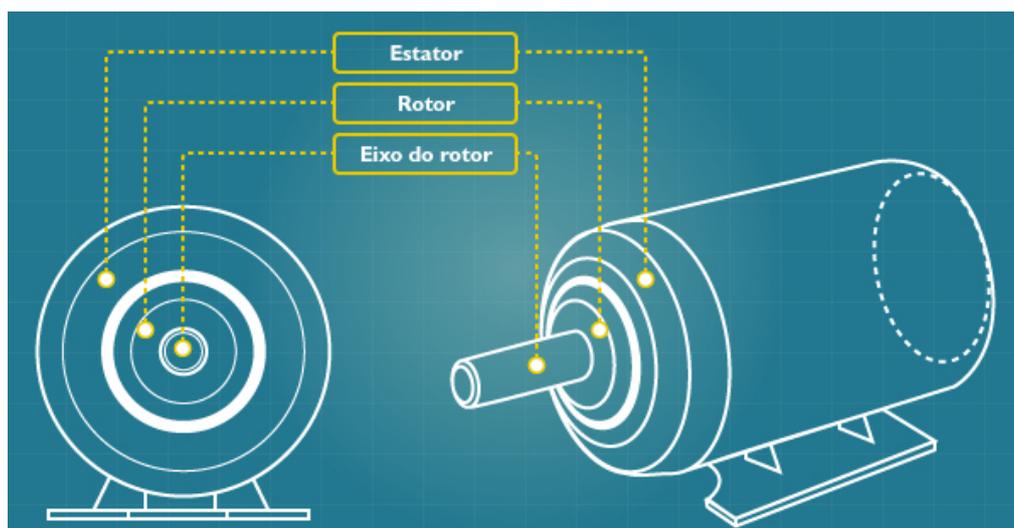
# Acionamentos

---

O ato de acionar um dispositivo é colocá-lo em movimento, colocá-lo para funcionar. Assim, quando lidamos com motores elétricos, isso pode ser feito de diversas maneiras, cabe ao responsável técnico entender as características do motor e da sua aplicação para escolher a forma mais adequada, visto que o acionamento eletrônico de um motor elétrico é composto por dispositivos eletrônicos e técnicas para controlar esses dispositivos.

O estudo e a implementação de um acionamento eletrônico quase nunca estão sozinhos, eles sempre são associados ao controle das variáveis do motor, isso porque podemos aproveitar esses circuitos que vão fazer o motor funcionar para controlar as variáveis do motor durante a sua operação. Por exemplo, o rotor (ver Figura 1) depois de acionado gira a uma velocidade constante se não houver perturbação. Se colocarmos uma carga nesse motor, provavelmente a sua velocidade pode sofrer alteração, e ele pode ficar mais lento por alguns momentos e até parar, dependendo da carga. Mas se o controle corrigir essa perturbação, os mesmos circuitos que fazem o acionamento da máquina podem agir para que a velocidade seja mantida constante mesmo com perturbações.

**Figura 01** - Motor elétrico



**Fonte:** Autoria Própria.

# Tipos de Acionamentos

---

O acionamento de um motor pode ocorrer de duas formas: elétrica ou eletrônica. O que vai diferenciar uma da outra é o tipo de dispositivo que é utilizado no circuito de acionamento. Como exemplo do acionamento elétrico podemos citar a partida estrela-triângulo e a partida compensadora. Já para os acionamentos eletrônicos, dentre os mais comuns, podemos mencionar a partida soft-starter e a com inversor de frequência.

Em relação ao acionamento elétrico, as vantagens são a simplicidade, o preço e a facilidade de projeto quando comparado com o eletrônico. No entanto, o acionamento eletrônico propicia o controle de corrente, não apresenta partes móveis que podem gerar arcos elétricos e possui maior vida útil.

## Importância dos Acionamentos Eletrônicos

O uso de circuitos eletrônicos específicos para acionar e controlar motores elétricos justifica-se por duas razões principais: a redução no gasto de energia e a manutenção das condições de operação desejadas do motor. Nesse sentido, a preocupação com a redução no consumo de energia está diretamente associada à partida do motor, pois se sabe que a corrente elétrica exigida por um motor na sua partida, de forma direta, pode chegar a oito vezes a corrente exigida no seu funcionamento normal. E durante o seu funcionamento podem ocorrer perturbações que modifiquem as variáveis desejadas da máquina, então o circuito de acionamento deve também ser capaz de corrigir essas intervenções externas.

## Atividade 01

---

1. Por que devemos utilizar os acionamentos eletrônicos?

Para verificar as respostas, clique [aqui](#).

## Respostas

### 1. Por que devemos utilizar os acionamentos eletrônicos?

O acionamento eletrônico propicia o controle de corrente, não apresenta partes móveis que podem gerar arcos elétricos e possui maior vida útil. Reduz o gasto de energia e a manutenção das condições de operação desejadas do motor. Nesse sentido, a preocupação com a redução no consumo de energia está diretamente associada à partida do motor, pois se sabe que a corrente elétrica exigida por um motor na sua partida, de forma direta, pode chegar a oito vezes a corrente exigida no seu funcionamento normal. E durante o seu funcionamento podem ocorrer perturbações que modifiquem as variáveis desejadas da máquina, então o circuito de acionamento deve também ser capaz de corrigir essas intervenções externas.

## Conceitos Básicos

---

Antes de começarmos a estudar os dispositivos que compõem os acionamentos eletrônicos, é necessário que entendamos os conceitos básicos que envolvem esses dispositivos. O domínio desses conceitos é primordial para compreender cada parte do acionamento.

### Potência

Potência elétrica faz referência à quantidade de energia elétrica desenvolvida por um dispositivo elétrico em um intervalo de tempo. Em outras palavras, imagine duas pessoas subindo uma escada, Pedro e Marcos. Pedro sobe a escada em 1 minuto, enquanto que Marcos sobe a mesma escada em 3 minutos. Percebe-se então que Pedro fez um esforço maior para subir a escada mais rápido, enquanto Marcos subiu mais relaxado. Então podemos dizer que Pedro desenvolveu uma potência maior que Marcos.

Existem algumas equações que definem potência, mas, para o nosso estudo, associaremos a potência elétrica à relação entre a tensão e a corrente nos circuitos estudados:

$$P = V \times I$$

Em que

- V = tensão elétrica (volts)
- I = Corrente elétrica (ampères)
- P = Potência elétrica dada em Watts

Porém, a definição de potência vai além dessa definição. Na verdade, existem três tipos de potência que chamamos de potência ativa, potência reativa e aparente.

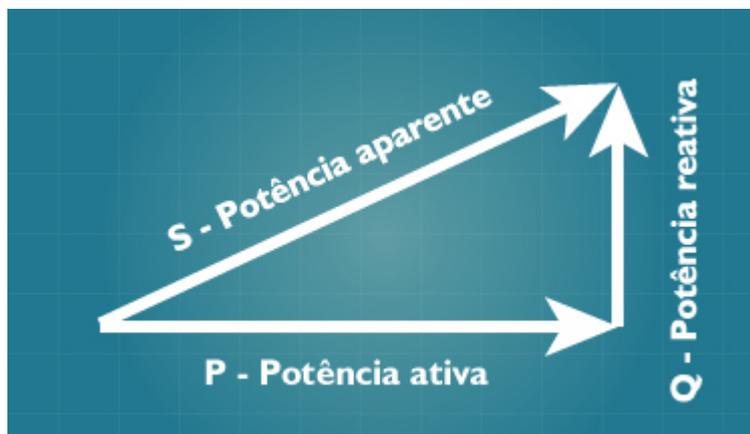
Potência ativa: É a potência que efetivamente realiza trabalho, também é chamada de potência real. A unidade é Watts.

Potência reativa: É uma potência presente na rede elétrica, porém não realiza trabalho, mas é essencial ao funcionamento de dispositivos que são capazes de armazenar energia. A unidade é Var, volt ampère reativo.

Potência aparente: É a potência total, é o resultado da soma vetorial da potência ativa com a reativa. A unidade é VA, volt ampère.

A **Figura 2** mostra a relação entre as potências e é chamada de triângulo de potência.

**Figura 02** - Triângulo de potências.



**Fonte:** Autoria própria.

Algumas pessoas fazem analogia da relação dessas três potências com um copo de chopp. O líquido amarelo corresponderia à potência ativa, já que ela quem realiza “trabalho” (deixa o indivíduo bêbado); a espuma branca à potência reativa, já que não é bebida de fato, mas está ali para manter a temperatura do chopp, tem a sua função; e o total, líquido mais espuma, corresponderia à potência aparente.

## Atividade 02

---

1. Sabendo que nas nossas casas a tensão fornecida pela rede elétrica é de 220 Volts e que um ventilador necessita de uma corrente de 0,2 Ampères para funcionar, qual a potência que o ventilador consome?

Para verificar as respostas, clique [aqui](#).

### Respostas

1. Sabendo que nas nossas casas a tensão fornecida pela rede elétrica é de 220 Volts e que um ventilador necessita de uma corrente de 0,2 Ampères para funcionar, qual a potência que o ventilador consome?

$$P = V \times I$$

$$P = 220 \times 0,2 = 44 \text{ W}$$

## Rendimento

---

O rendimento mede o quanto um dispositivo consegue aproveitar a energia que lhe é fornecida. Nos motores elétricos, é dado pela relação entre a potência de saída e a potência de entrada:

$$n = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}}$$

O rendimento pode variar entre 0 e 1, quando tem valor 1 quer dizer que houve 100% de aproveitamento da energia. Então você deve se perguntar: “por que a energia que entra não é toda aproveitada?” Isso aconteceria se o motor fosse um motor ideal, um motor dos sonhos. Na verdade, nunca temos um rendimento de 100% porque sempre existem as perdas, que podem ser de vários tipos: decorrentes da temperatura, da rotação, do campo magnético etc.

## Atividade 03

---

1. Se for fornecida a uma máquina, que tem um rendimento de 88%, uma potência de 500 Watts, qual a potência na saída da máquina?

Para verificar as respostas, clique [aqui](#).

### Respostas

1. Se for fornecida a uma máquina, que tem um rendimento de 88%, uma potência de 500 Watts, qual a potência na saída da máquina?

$$\eta = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}}$$

$$P_{saída} = \eta \times P_{entrada}$$

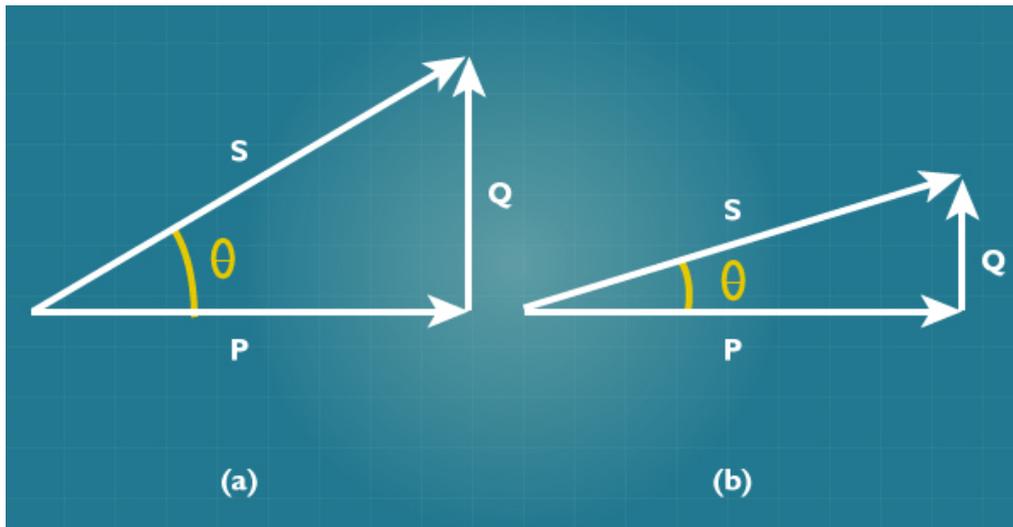
$$P_{saída} = 0,88 \times 500 = 440 \text{ W}$$

## Fator de potência

---

O fator de potência mede a relação entre a quantidade de potência ativa e reativa que circula em um sistema. É dado pelo cosseno do ângulo da **Figura 3**.

**Figura 03** - Fator de potência no triângulo de potências. A situação (a) apresenta um fator de potência **MENOR** que em (b).



**Fonte:** Autoria própria.

O ideal é que se tenha pouca potência reativa. Isso se deve ao fato que muita energia reativa causa grandes perdas de energia porque não efetivamente usada na realização do "trabalho" das máquinas e equipamentos, mas circula pelos condutores junto com a energia ativa, exigindo um dimensionamento maior dos condutores para atender essa energia excedente e causa também aquecimento dos condutores, perdendo energia pelo efeito joule.

Segunda a norma brasileira (Resolução normativa Nº 414 de 9 de setembro de 2010) a concessionária de energia deve cobrar apenas a energia ativa, salvo os casos em que o medidor de energia possa realizar a medição da energia reativa. Nesses casos, essa passará não só a ser medida como também, nos casos em que o fator de potência mínimo (que segundo a mesma norma e de 0.92) não for atendido, passará a ser cobrada na conta de energia.

A maioria dos medidores de energia não realizam a medição de energia reativa e por tal, a maioria das concessionárias não cobra tal tipo de energia do consumidor residencial (apenas de condomínios e pequenos comércios que possuem uma potência maior). Isso se devia mais ao fato que medidores de energia com tal característica eram muito caros. Atualmente, isso não é mais verdade. Os medidores estão se tornando cada vez mais precisos, inteligentes e baratos e em breve, todos os usuários comuns possuirão tais medidores e terão que corrigir seu fator de potência para não pagar por uma energia excedente.

## Atividade 04

---

1. Calcule o fator de potência de um sistema com potência aparente de 1000VA e potência ativa de 800Wats.

Para verificar as respostas, clique [aqui](#).

### Respostas

1. Calcule o fator de potência de um sistema com potência aparente de 1000VA e potência ativa de 800Wats.

$$F. P. = \cos \theta = \frac{P_{ativa}}{P_{aparente}} = \frac{800}{1000} = 0,8$$

## Harmônicos

---

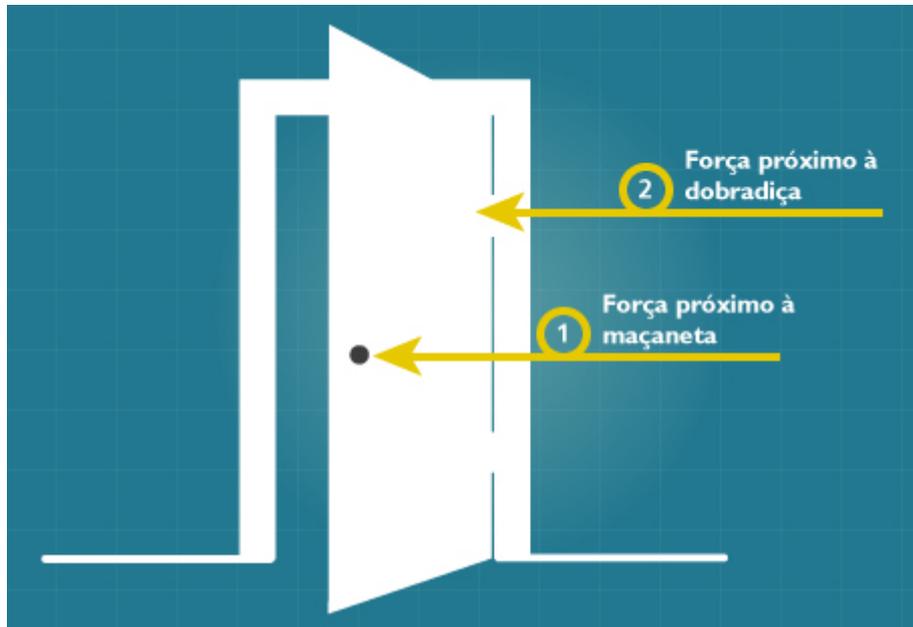
A energia elétrica que sai das nossas tomadas é um sinal com uma frequência de 60 Hz. Porém, podem circular também na rede elétrica outros sinais com frequências múltiplas de 60Hz. Esses sinais podem se somar ao sinal original e distorcer a energia que recebemos em casa causando alguns transtornos. Esses sinais com frequências múltiplas do sinal original são chamados de harmônicos. No caso da rede elétrica, os harmônicos surgem devido à conexão de cargas não lineares. Desse modo, para tentar eliminar os sinais harmônicos são utilizados filtros.

## Torque

Quando tratamos com motores elétricos, o torque também é chamado de conjugado que representa a relação entre a força que é aplicada a um corpo e o ponto de aplicação dessa força que o faz girar em torno de um eixo. Sua unidade é Nm, Newton metro.

Faça o seguinte teste: vá até uma porta e tente empurrá-la com um único dedo, 1 – primeiro empurrando perto da maçaneta, preste atenção na força que você aplicou para empurrar a porta. Em seguida, 2 – empurre novamente a porta só que dessa vez bem perto da dobradiça. As duas situações são mostradas na **Figura 4**.

**Figura 04** - Aplicação de força em uma porta.



**Fonte:** autoria própria.

Em qual das duas situações a força teve de ser maior?

Certamente você teve mais dificuldade na segunda situação. Isso ocorre porque nesse caso não basta dizer qual a força necessária para mover a porta, é necessário também dizer a que distância do eixo essa força deverá ser aplicada.

De uma forma bem simples, vamos tratar o torque, no estudo de motores elétricos, como sendo a força que o eixo de um motor faz para mover cargas.

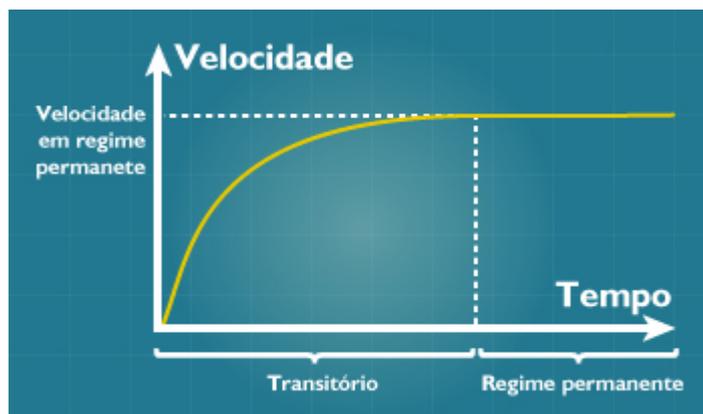
## Regime Permanente e Transitório

Quando analisamos um dispositivo dinâmico, como é o caso de um motor elétrico, é interessante que observemos a resposta do dispositivo fazendo distinção entre dois momentos, o momento em que ele está funcionando tranquilamente sem perturbação e o momento em que essas perturbações estão presentes. Chamamos

então de regime permanente quando o motor está sem perturbação e de transitório quando existe alguma perturbação externa que afeta as variáveis do motor, inclusive durante a partida.

A **Figura 5** mostra o que acontece com a velocidade de um motor quando ele é acionado, o sinal gráfico representa desde o repouso até a estabilização.

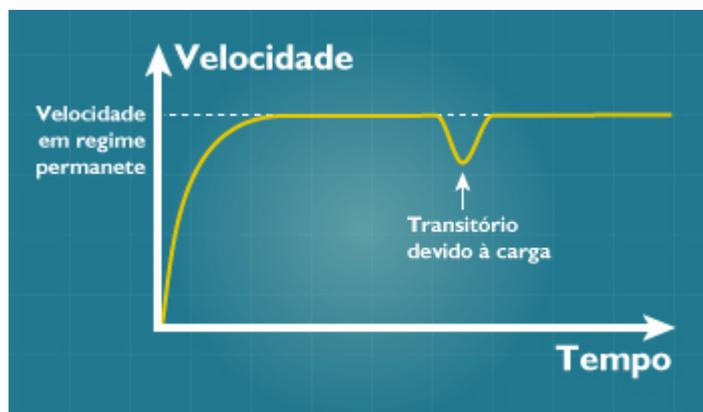
**Figura 05** - Velocidade de um motor da partida até o regime permanente.



**Fonte:** autoria própria.

Note que a velocidade sai do valor zero (repouso) e vai até o seu valor nominal, quando se estabiliza. A Figura 6 mostra uma perturbação no mesmo sinal de velocidade da **Figura 5** quando é inserida uma carga ao motor. O motor é acionado e, depois de estabilizado, uma carga é adicionada ao motor. Ao ser inserida, a carga faz com que o rotor tenha um esforço maior, assim ocorre um desequilíbrio nas variáveis do motor, podendo até parar o motor dependendo da carga adicionada. Para evitar essas perturbações deve então ser implementado um acionamento eletrônico capaz de controlar a máquina nessas situações.

**Figura 06** - Velocidade de um motor com a inserção de uma carga.



**Fonte:** autoria própria.

## Atividade 05

---

1. Qual a diferença entre regime permanente e regime transitório?

Para verificar as respostas, clique [aqui](#).

### Respostas

1. Qual a diferença entre regime permanente e regime transitório?

Regime permanente quando o motor (ou qualquer sistema) está sem perturbação, funcionando tranquilamente. Regime transitório é aquele quando há alguma perturbação externa que afeta as variáveis do motor (ou do sistema), inclusive durante a partida (ou início do funcionamento do sistema).

## Sistemas monofásico e trifásico

---

Um sinal de corrente ou tensão pode ser contínuo ou alternado. Existem motores que operam com corrente contínua (CC) e com corrente alternada (CA), porém existem algumas vantagens de se operar com motores de corrente alternada, mas o principal deles é o custo. O próprio motor e a manutenção são mais baratos nas máquinas CA.

O motor de corrente alternada funciona alimentado por tensão alternada que corresponde a um sinal senoidal, como mostrado na **Figura 7**.

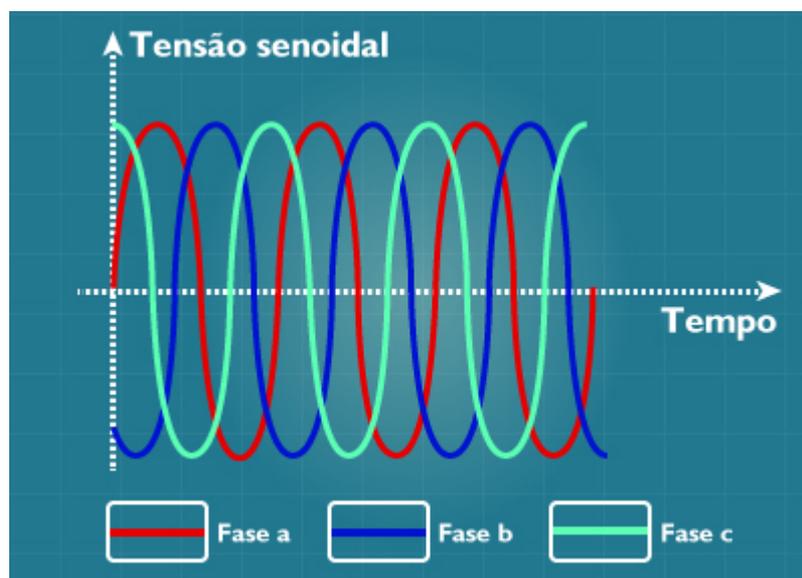
**Figura 07** - Sinal de tensão alternada (senoidal).



**Fonte:** autoria própria.

Quando o motor é alimentado por uma tensão que é composta por uma única senoide dizemos que o **sistema é monofásico**. Porém, no sistema elétrico brasileiro, os sinais de tensão são gerados e distribuídos numa composição de três senoides defasadas igualmente entre si de 120 graus, como mostra a **Figura 8**. Esse sinal com três fases compõe o **sistema trifásico**.

**Figura 08** - Tensão trifásica.



**Fonte:** autoria própria.

A concessionária de energia (no caso do RN, a COSERN – Companhia de Serviços Elétricos do Rio Grande do Norte) oferece os dois tipos de sinais, trifásico e monofásico. O consumidor comum, residencial, pode optar por um dos dois, já o consumidor industrial ou comercial, que tenha uma potência instalada grande, deve ser alimentado por uma tensão trifásica.

# Partida de Motores

---

A maior dificuldade na partida é porque, para romper a inércia, o motor faz um esforço grande que se traduz em exigir mais corrente do sistema de alimentação. Esse pico de corrente pode danificar os cabos, caso não sejam bem dimensionados, ou faz com que o sistema encareça, uma vez que os cabos devem ser mais grossos.

O que fazer para evitar altos valores de corrente na partida de motores? Qual a melhor forma de solucionar esse problema?

O interessante seria que na partida a corrente não tivesse esse valor tão alto, assim não seria necessário colocar cabos mais grossos e mais caros. E isso é possível usando as técnicas de acionamento.

Para entender melhor o que ocorre na partida de motores, vamos analisar alguns gráficos considerando a partida de forma direta, sem acionamento eletrônico.

## Velocidade

---

Espera-se que o gráfico da velocidade do rotor em função do tempo na partida seja uma função crescente, uma vez que o rotor sai do repouso e vai aumentando a velocidade até atingir a velocidade nominal, como mostrado na Figura 5.

O que se deseja normalmente é que o motor mantenha a mesma velocidade enquanto estiver operando em regime permanente. Porém, quando o controle da máquina não prevê ou não suporta uma determinada perturbação, essa velocidade pode sofrer alguma alteração. Na Figura 6, é mostrado como a velocidade pode variar devido a uma carga inserida no motor.

## Corrente

A corrente que o motor “puxa” da rede elétrica vai depender do esforço que ele precisa fazer, então podemos considerar três situações:

Motor operando sem carga em regime permanente: Quando o motor opera em vazio, o único esforço que ele faz é para manter seu eixo girando e, como não tem carga, esse eixo está leve. Como nessa situação o esforço é pequeno, ele necessita de uma corrente bem pequena para funcionar.

Motor operando com carga em regime permanente: Quando o motor opera com carga, o esforço que ele vai precisar fazer vai depender da carga. Se a carga for mais pesada ele vai fazer um esforço maior, se a carga for leve, um esforço menor. A corrente, nessa condição, vai depender da carga que o motor está movendo.

Na partida: Como já comentado anteriormente, na partida direta de um motor há um pico de corrente que excede muito o valor necessário ao funcionamento em regime permanente. A explicação disso é a inércia. Se você considerar uma bola de ferro, é necessário fazer mais força para pô-la em movimento do que para mantê-la girando.

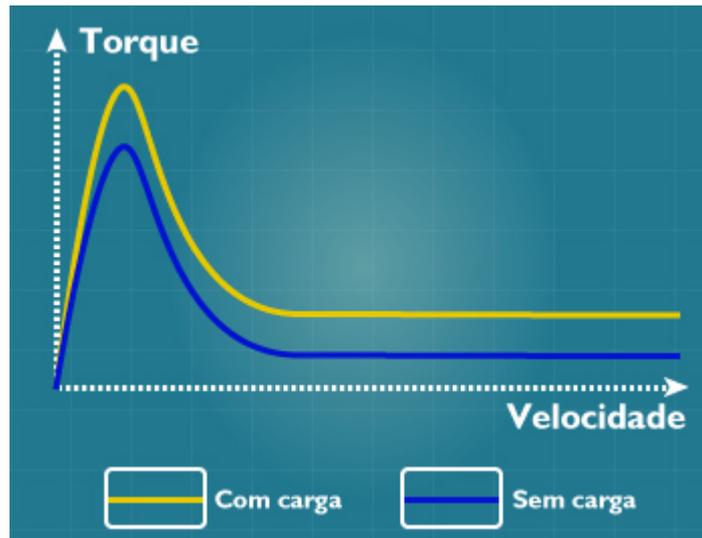
## Torque

---

O torque também mede o esforço que o motor faz para funcionar, e também é influenciado pela carga, então segue os mesmos princípios da corrente.

Um gráfico comum na análise de motores é o gráfico do torque em função da velocidade. Nele é possível ter uma ideia de como está sendo o esforço da máquina à medida que variamos a sua velocidade. A **Figura 9** mostra o gráfico do torque na partida, com carga e sem carga.

**Figura 09** - Gráfico torque x velocidade com carga e sem carga.



**Fonte:** autoria própria.

## Atividade 06

1. Por que para partirmos (acionarmos) um motor não devemos simplesmente alimentarmos com uma tensão diretamente?

Para verificar as respostas, clique [aqui](#).

### Respostas

1. Por que para partirmos (acionarmos) um motor não devemos simplesmente alimentarmos com uma tensão diretamente?

A maior dificuldade na partida é porque, para romper a inércia, o motor faz um esforço grande que se traduz em exigir mais corrente do sistema de alimentação. Ao se alimentar diretamente o motor, essa corrente será exigida toda de uma vez, na forma de um pico. Esse pico de corrente pode danificar os cabos, caso não sejam bem dimensionados, ou faz com que o sistema encareça, uma vez que os cabos devem ser mais grossos. Assim, faz-se necessário técnicas de acionamento para reduzir tal corrente de partida.

# Leitura Complementar

---

Para entender um pouco mais sobre acionamentos eletrônicos, são indicadas duas leituras complementares, ambas tratam de acionamentos de motores elétricos de forma simples e objetiva, destacando os pontos principais para uma aplicação prática.

- Guia de Aplicação de inversores de frequência, WEG. Disponível em: <[www.weg.net](http://www.weg.net)>. Acesso em: 12 mar. 2014.
- BELOV, N. V. **Acionamentos tradicionais**. Caxias do Sul: EDUCS, 1997.

## Resumo

---

Nesta aula, você teve um primeiro contato com a definição de acionamento eletrônico, avaliando a sua necessidade e justificativa. Você viu ainda alguns conceitos básicos essenciais ao entendimento dos conceitos relativos aos acionamentos eletrônicos e às máquinas elétricas. Teve a oportunidade de aprender um pouco sobre partida de motores, considerando suas características e avaliando melhor a necessidade de se utilizar os acionamentos eletrônicos.

## Autoavaliação

---

1. O que é acionamento eletrônico?
2. Quando é necessário usar um acionamento eletrônico?
3. Qual a relação entre potência e rendimento?
4. Construa um gráfico do rendimento de um motor considerando uma potência de entrada fixa de 500 Watts e a potência de saída variando de 0 a 500 Watts com intervalos de 50 Watts.
5. Qual a diferença entre regime permanente e transitório?

6. Qual a diferença entre sistema monofásico e trifásico?

Para verificar as respostas, clique [aqui](#).

## Respostas

1. O que é acionamento eletrônico?

Acionamento é o ato de acionar um dispositivo é colocá-lo em movimento, colocá-lo para funcionar. No caso de motores elétricos, o circuito de acionamento é eletrônico, como por exemplo o circuito soft-starter e o inversor de frequência, que propicia o controle de corrente, não apresenta partes móveis que podem gerar arcos elétricos e possui maior vida útil.

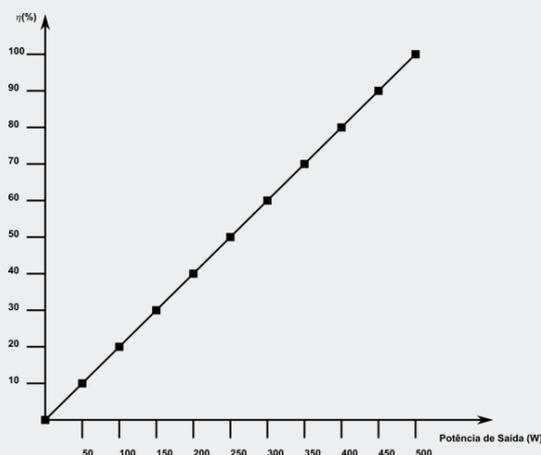
2. Quando é necessário usar um acionamento eletrônico?

Quando se deseja a redução no gasto de energia e a manutenção das condições de operação desejadas do motor.

3. Qual a relação entre potência e rendimento?

O rendimento é a razão entre a potência de saída sobre a potência de entrada.

4. Construa um gráfico do rendimento de um motor considerando uma potência de entrada fixa de 500 Watts e a potência de saída variando de 0 a 500 Watts com intervalos de 50 Watts.



5. Qual a diferença entre regime permanente e transitório?

Regime permanente é quando o motor está em funcionamento sem perturbação e de transitório quando existe alguma perturbação externa que afeta as variáveis do motor, inclusive durante a partida.

6. Qual a diferença entre sistema monofásico e trifásico?

Quando o sinal de tensão é composta por uma única senoide dizemos que o sistema é monofásico. Quando os sinais de tensão são gerados e distribuídos numa composição de três senoides defasadas igualmente entre si de 120 graus, esse sinal compõe o sistema trifásico.

## Referências

---

BIM, E. **Máquinas elétricas e acionamentos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

RASHID, M. H. **Eletrônica de potência: circuitos, dispositivos e aplicações**. São Paulo: Makron, 1999.

STEPHAN, R. M. **Acionamento, comando e controle de máquinas elétricas**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2013.