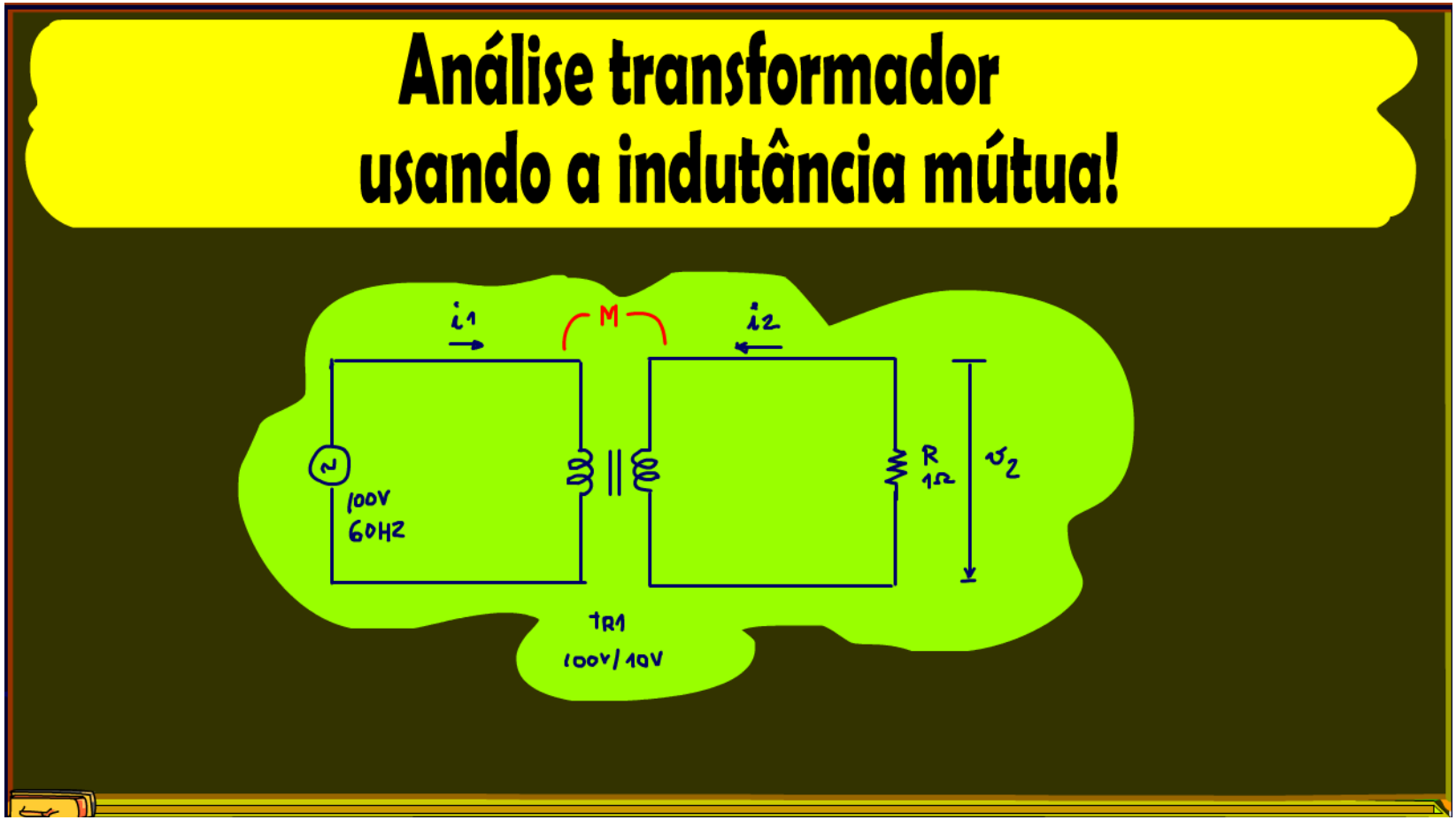
ANÁLISE TRANSFORMADOR USANDO A INDUTÂNCIA MÚTUA!



Professor Bairros (19/09/2024)

www.bairrospd.com

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIRROS LÁ EM O PDF E MUITO MAIS.
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.
www.bairrospd.com

https://www.youtube.com/@professorbairros

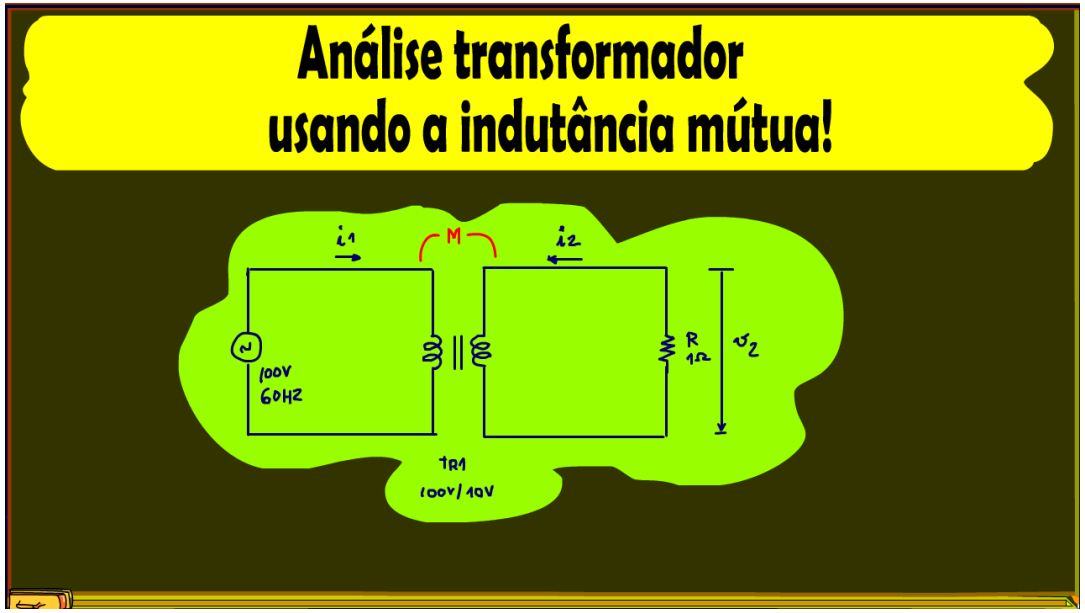
Análise transformador usando a indutância mútua!

Sumário

1. Introdução 4
2. A questão. 5
3. Considerando o Trafo ideal..... 6
4. A tensão e corrente no secundário. 7
5. O transformador real. 8
6. A indutância do secundário. 9
7. A indutância mútua. 10
8. O modelo do modelo. 11
9. O circuito em AC. 12
10. Calculando as tensões e correntes. 13
11. A equação do secundário. 14
12. Estimando a corrente e tensões no secundário. 15
13. O fator de acoplamento menor do que 1. 16
14. Estimando a corrente no secundário. 17
15. A equação do secundário. 18
16. Conclusão. 19
17. Créditos. 20

Análise transformador usando a indutância mútua!

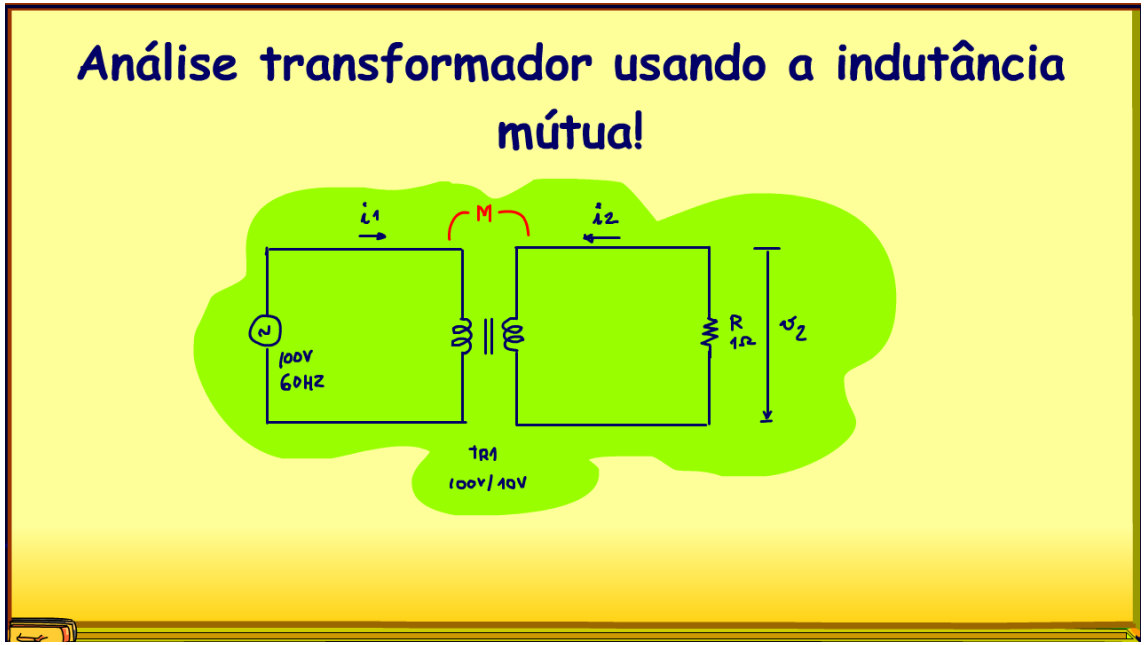
Análise transformador usando a indutância mútua!



YOUTUBE: https://youtu.be/j6cBoUqOmNQ

Análise transformador usando a indutância mútua!

1. INTRODUÇÃO



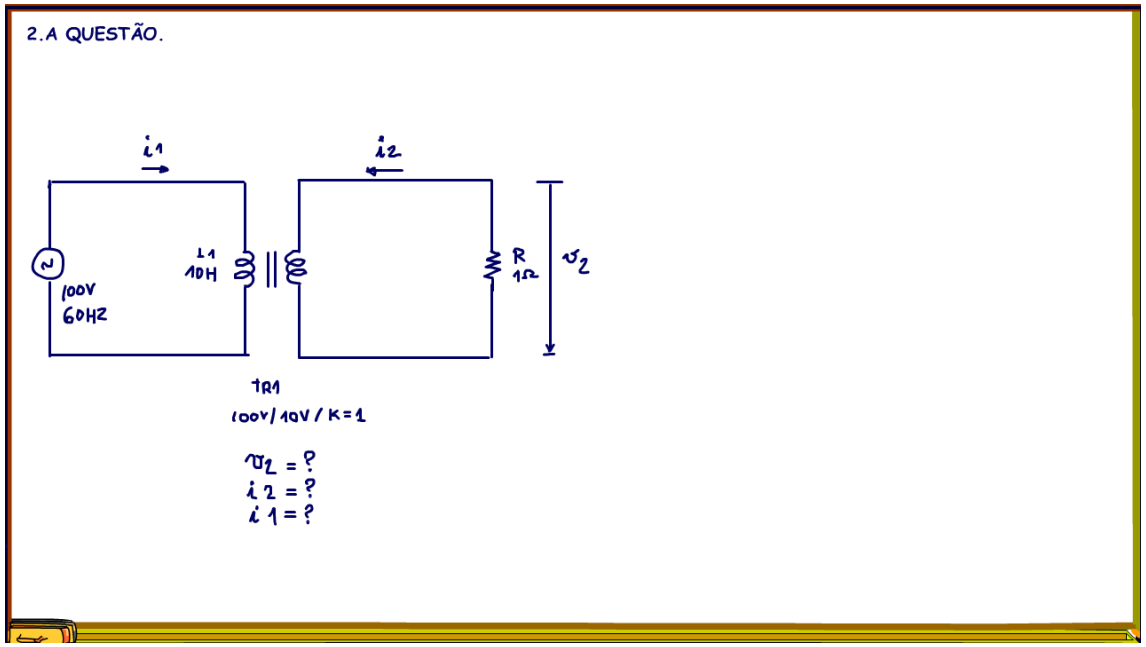
Análise transformador usando a indutância mútua!

Noutro tutorial, eu mostrei o conceito do modelo do transformador usando a indutância mútua, naquele tutorial eu mostrei um exemplo de um circuito como o transformador com o secundário aberto, e o conceito da indutância mútua funcionou muito bem, nesse tutorial eu vou analisar um circuito com transformador alimentando uma carga, será que o modelo usando a indutância mútua vai funcionar também, será que esse modelo vai mostrar o que acontece com um transformador quando tem o secundário carregado?

Vamos lá.

Análise transformador usando a indutância mútua!

2. A QUESTÃO.

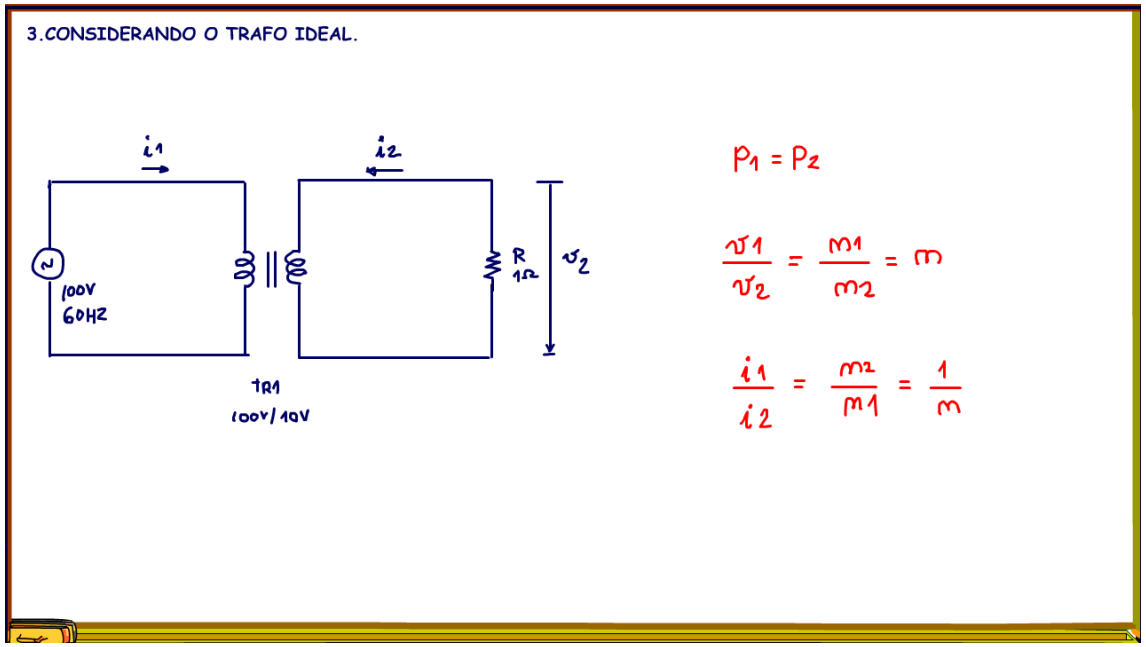


Nada melhor do que mostrar com um exemplo.

Olhando o circuito da figura e sabendo que a tensão no primário é de 100V/60Hz, a indutância do primário é de 10H e o transformador é um transformador redutor de 100V par 10V com um coeficiente de acoplamento igual a um, determine a tensão no secundário, a corrente no secundário e a corrente no primário?

Análise transformador usando a indutância mútua!

3. CONSIDERANDO O TRAFO IDEAL.



Se você considerar o transformador ideal, isso é você não vai levar em conta a indutância do primário nem a indutância do secundário e vai considerar o fator de acoplamento igual um, então você analisaria de forma rápida lépida e rasteira usando as conhecidas regras do transformador ideal.

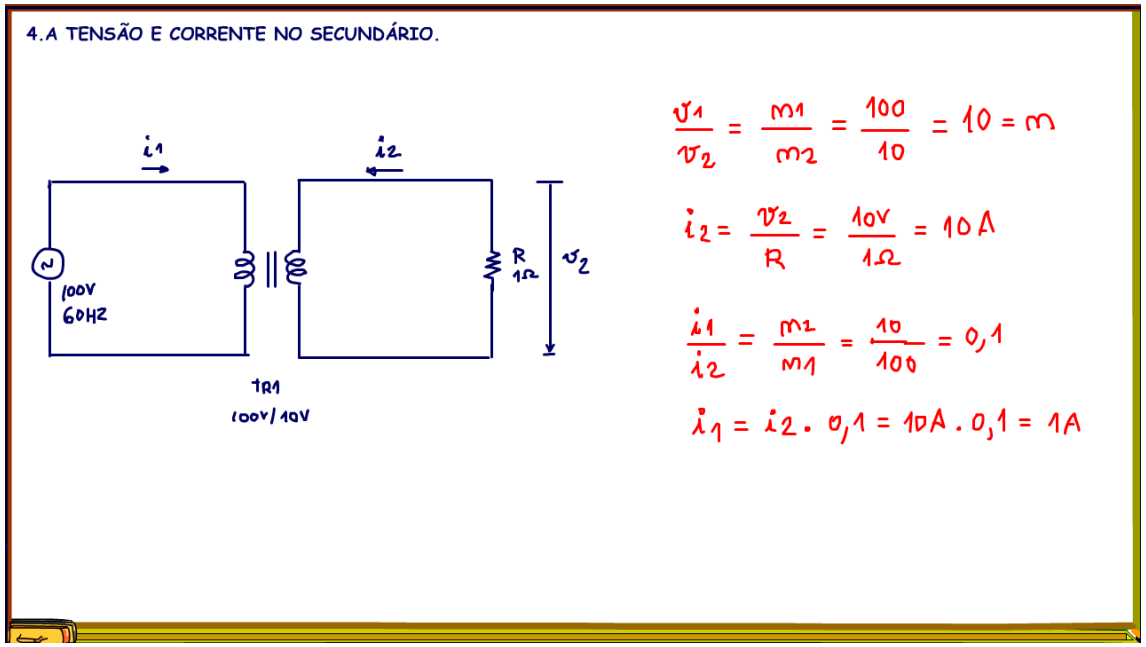
A potência do primário é igual a potência do secundário.

A tensão no primário sobre a tensão no secundário é igual ao número de espiras do primário sobre o número de espiras do secundário que é igual a relação de espiras.

A corrente no primário sobre a corrente no secundário é igual ao número de espiras do secundário, sobre o número de espiras do primário, o inverso da relação de espiras.

Análise transformador usando a indutância mútua!

4. A TENSÃO E CORRENTE NO SECUNDÁRIO.



Como a tensão ideal no secundário é igual a 10V, então usando a relação da tensão do primário e a tensão no secundário, a relação de espiras é 10.

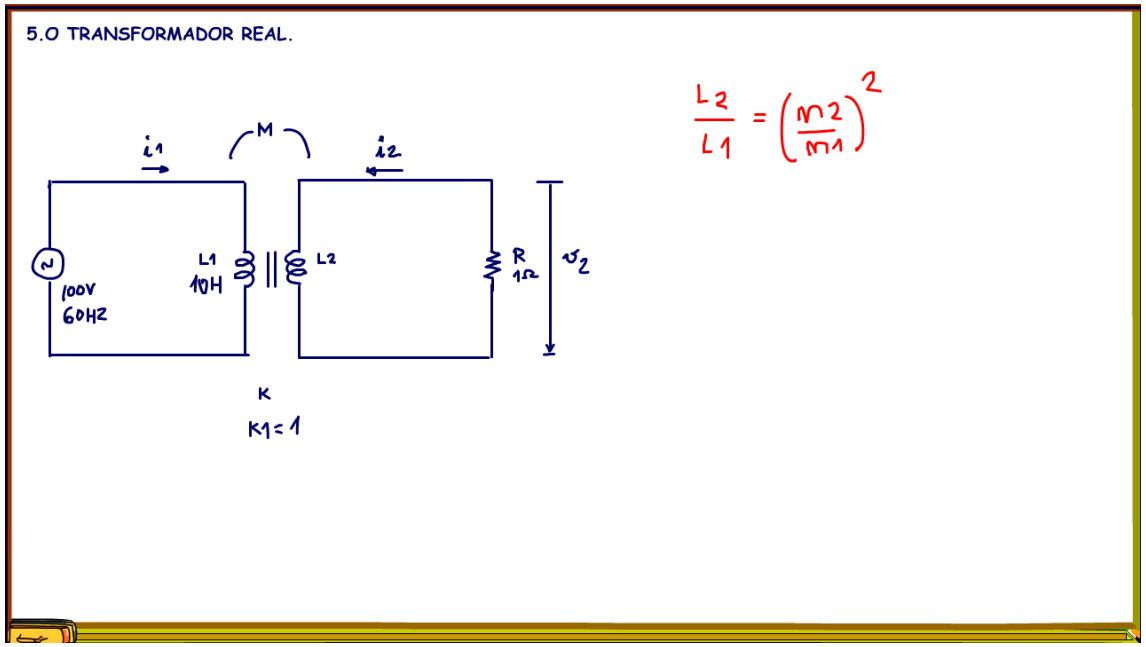
Sabendo que tensão no secundário é de 10V, essa tensão aplicada na carga de 1 OHM vai gerar uma corrente de 10A.

Usando a relação das correntes e o número de espiras chegamos que a corrente no primário é igual a 1A.

Pronto, é muito fácil analisar um circuito com transformador ideal.

Análise transformador usando a indutância mútua!

5. O TRANSFORMADOR REAL.



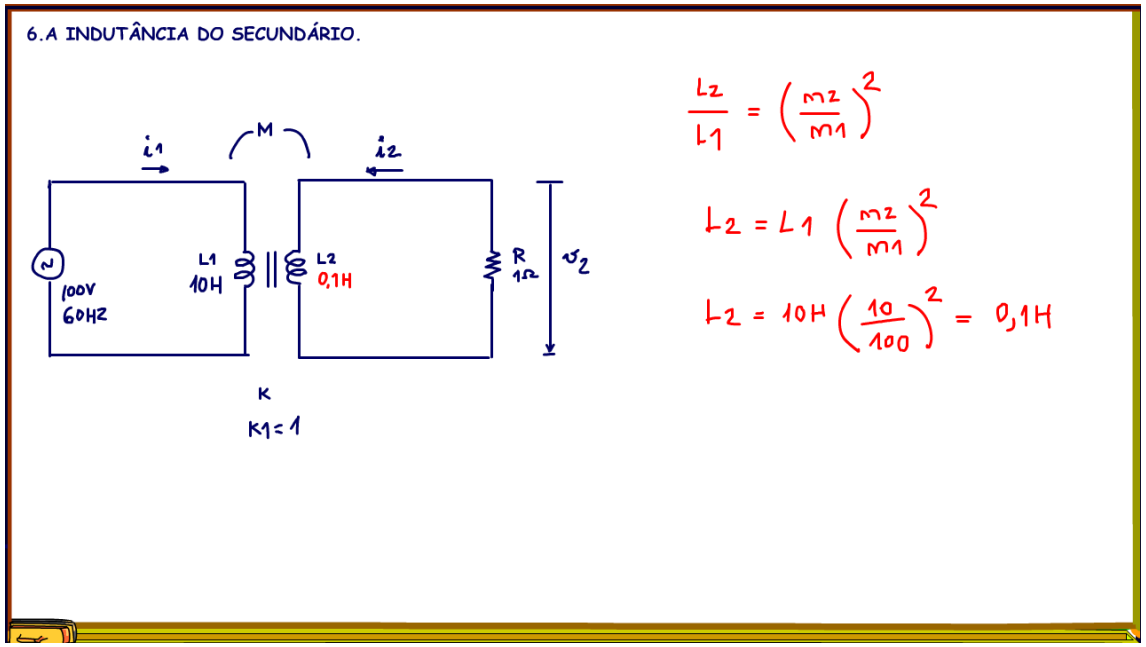
Mas no nosso mundo real todo o transformador tem uma indutância no primário e outra no secundário, e uma das formas de analisar um circuito com transformador real é usando a indutância mútua, que relaciona as indutâncias e o fator de acoplamento do transformador, essa indutância mútua vai ser usada para mostrar a influência de um enrolamento no outro, veja o modelo na figura, a indutância mútua é indicado com a letra M, e agora não precisa mais indicar a relação de espiras, quem vai dizer como a corrente do primário vai influir no secundário e como a corrente no secundário vai influir no primário é indutância mútua.

Nesse exercício a gente conhece a indutância do primário, ela é igual a 10H.

Nesse exercício a gente conhece o coeficiente de acoplamento K que é igual a um, isso indica um transformador com acoplamento perfeito, com construção perfeita, isso porque nesse primeiro exemplo vou concentrar a atenção na influência dos indutores.

Análise transformador usando a indutância mútua!

6. A INDUTÂNCIA DO SECUNDÁRIO.



Para resolver esse circuito usando a indutância mútua é preciso conhecer a indutância do secundário, para isso é só usar a equação da figura que relaciona as indutâncias do primário e do secundário em função da relação de espiras.

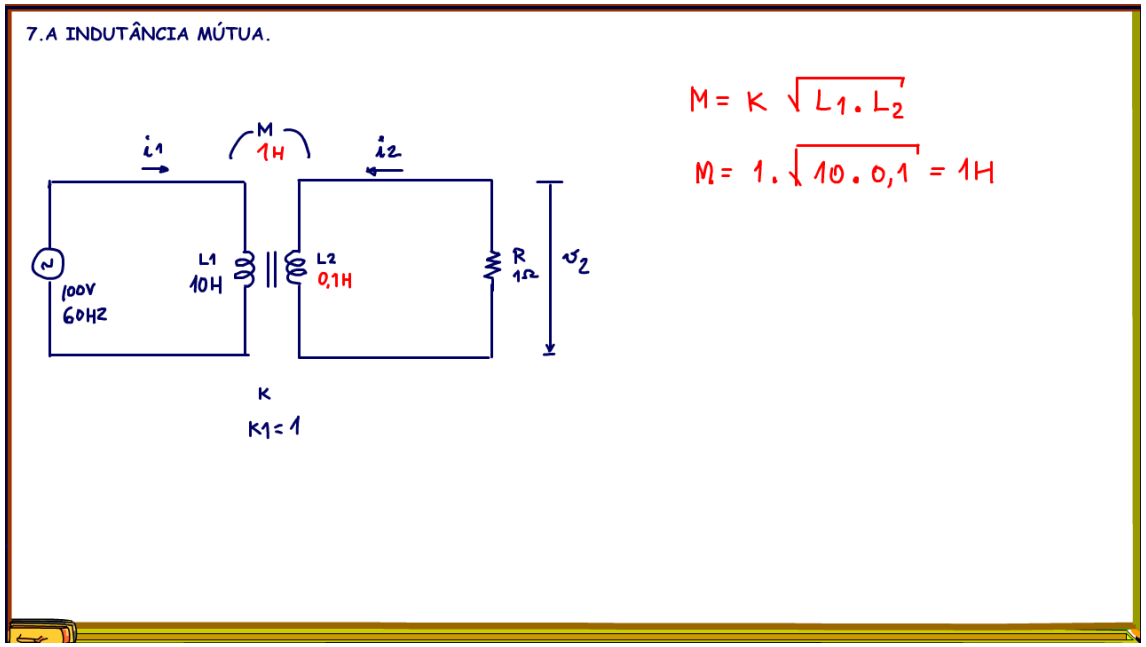
Essa relação é similar a relação das tensões, se no numerador das indutâncias está a indutância do secundário então o número de espiras do secundário também deverá ser colocado no numerador, mas cuidado, tem que elevar ao quadrado, essa equação foi retirada da equação da resistência refletida no transformador.

Então eu vou determinar a indutância do secundário a partir da indutância do primário, num transformador real se você souber a indutância do primário, e a relação de espiras, que é igual a relação das tensões, fica fácil determinar a indutância do secundário, por isso ao levantar os dados de um transformador é medida somente a indutância do primário.

Substituindo os valores e calculando a indutância do secundário, a indutância do secundário é igual a 0,1H.

Análise transformador usando a indutância mútua!

7. A INDUTÂNCIA MÚTUA.



Para calcular a indutância mútua você deve usar a equação da figura, aí entra em cena o fator de acoplamento, que nesse circuito vale um.

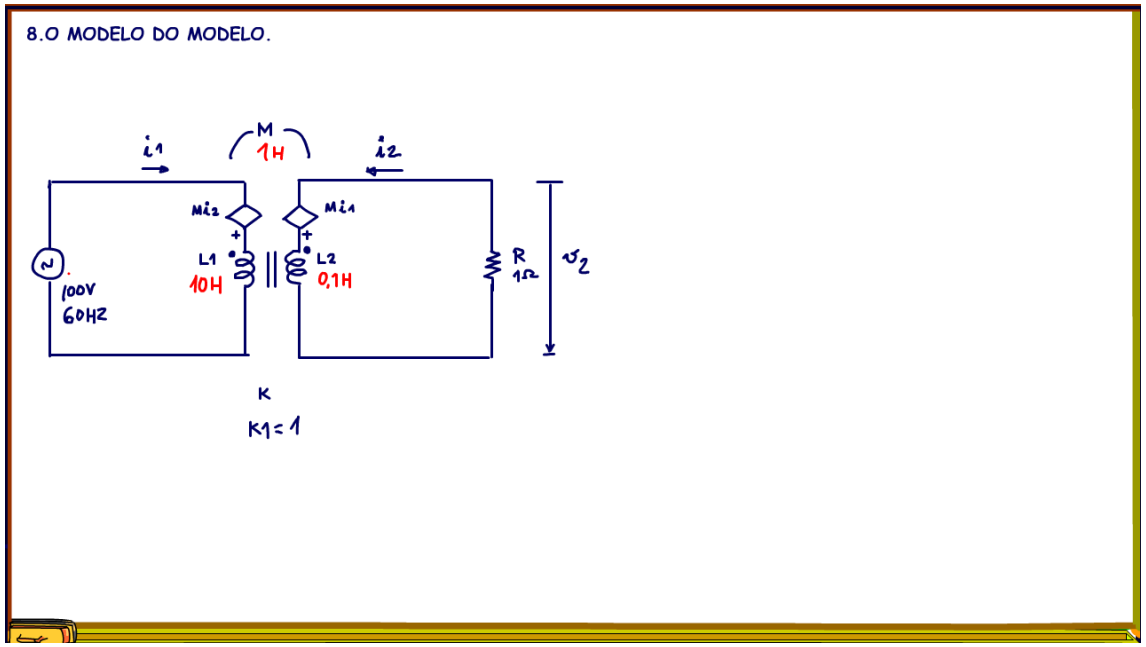
A indutância mútua é igual ao fator de acoplamento que multiplica a raiz quadrada do produto da indutância do primário e da indutância do secundário.

Substituindo os valores e calculando temos que indutância mútua é igual a: 1H, a unidade é Henry.

Pronto agora temos todos os dados que precisamos, a indutância do primário, a indutância do secundário, a indutância mútua e o fator de acoplamento, note que nesse modelo a relação de espiras não aparece de forma direta, mas de forma indireta, ela está lá dentro da indutância mútua.

Análise transformador usando a indutância mútua!

8. O MODELO DO MODELO.



Uma forma prática de usar a indutância mútua em cada lado do transformador é inserir duas fontes controladas, uma no primário com tensão igual ao valor da indutância mútua multiplicada pela corrente do secundário, isso mesmo, a fonte colocada no primário gera uma tensão proporcional a corrente no secundário, essa tensão representa a influência do secundário no primário.

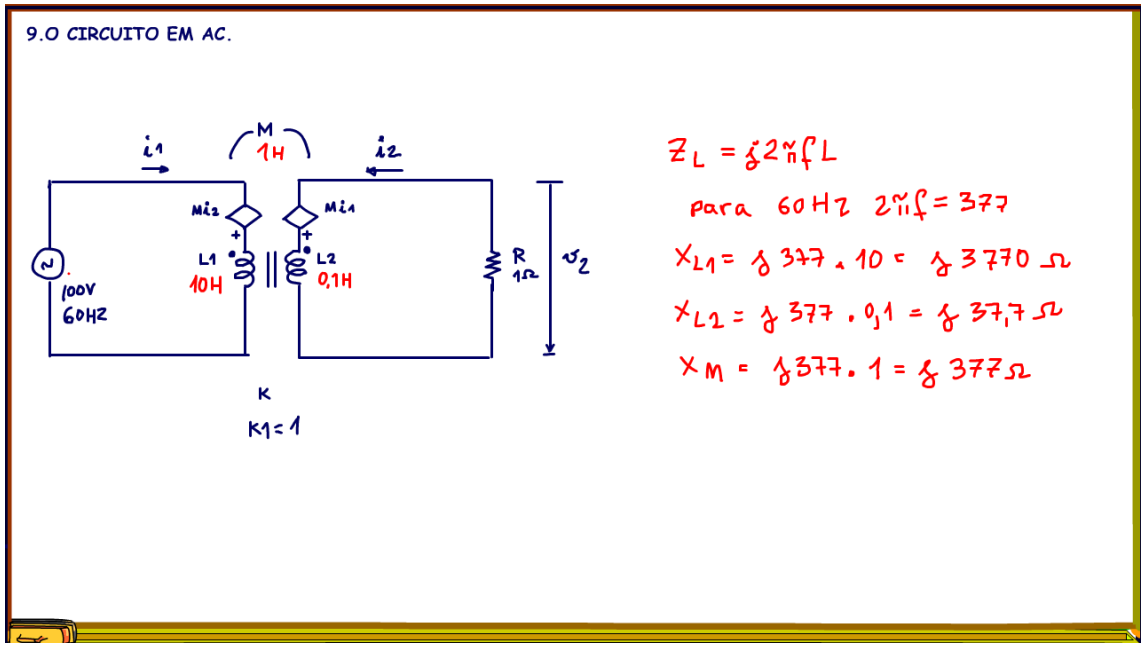
A fonte no secundário tem a mesma função, ela é função da corrente no primário, ela indica a influência do primário no secundário.

Observe que o positivo da fonte é colocado em oposição a tensão gerada no indutor, a bolinha do indutor do transformador está para o mesmo lado do positivo da fonte da indutância mútua, nos dois lados do transformador.

A tensão gerada pela fonte controlada da indutância mútua se opõe a tensão gerada no indutor do transformador!

Análise transformador usando a indutância mútua!

9. O CIRCUITO EM AC.



Para resolver o circuito e calcular as correntes no primário e no secundário é preciso passar o circuito para o plano das impedâncias, nesse caso as impedâncias dos indutores é igual a jota vezes 2Pif vezes o valor da indutância.

Veja que agora vai aparecer a influência da frequência da alimentação no transformador, coisa que no modelo ideal não aparecia.

Para a rede 60Hz, 2pif pode ser considerado igual a 377.

A impedância da indutância do primário é igual a jota 3770 OHM.

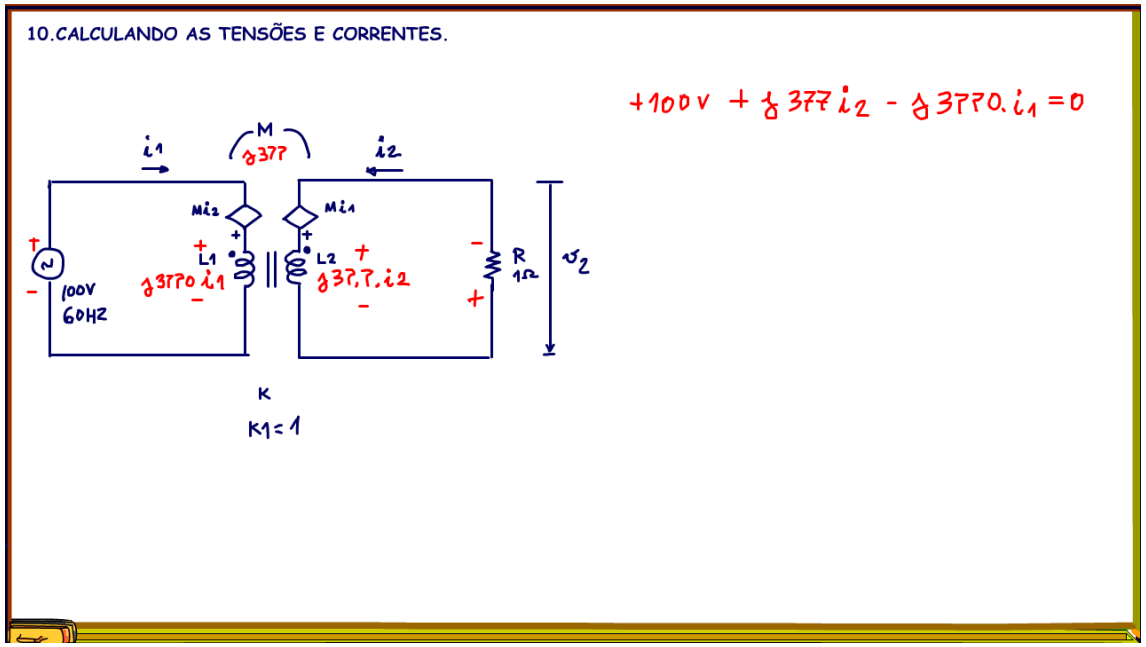
A impedância da indutância do secundário é igual a jota 37,7 OHM.

A impedância da indutância mútua é igual a jota 377 OHM.

Pronto esse é o circuito prontinho para ser resolvido.

Análise transformador usando a indutância mútua!

10. CALCULANDO AS TENSÕES E CORRENTES.



Para calcular as tensões e correntes nesse circuito de forma completa, você terá que levantar a equação das malhas do primário e do secundário e então resolver para determinar as correntes.

Veja a equação do primário seguindo a malha indicada na figura e levantando a equação seguindo no sentido da corrente do primário.

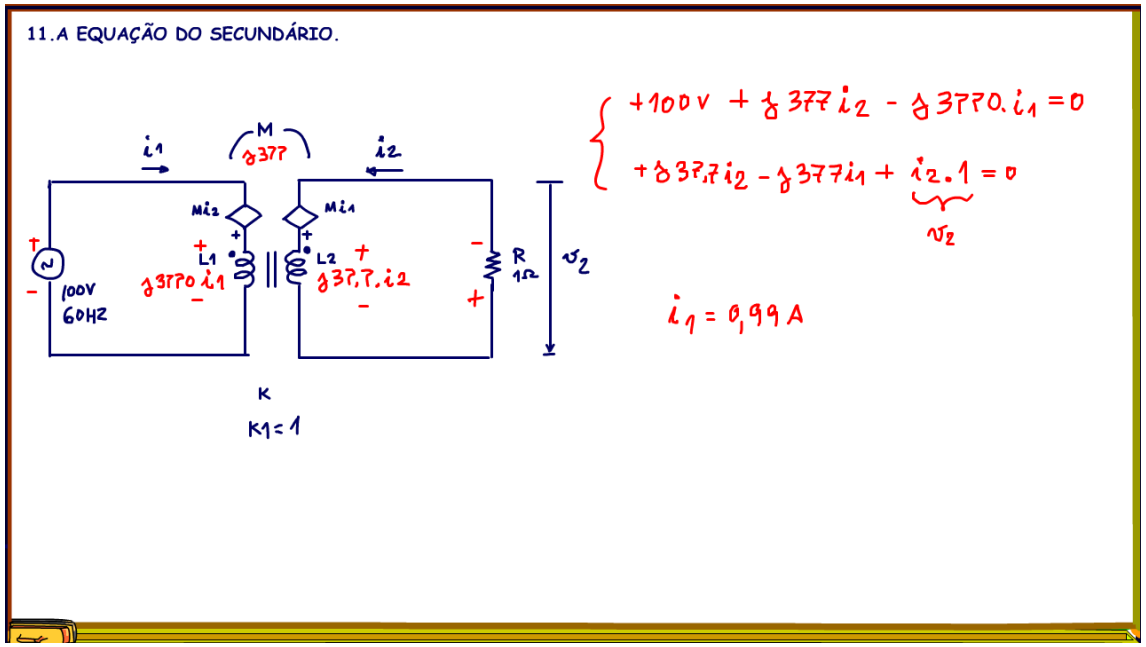
Vou levantar a equação considerando o ciclo positivo da tensão AC, por isso o positivo na fonte AC.

A equação fica: +100V da fonte, mais jota 377 vezes i2, aqui eu já substitui a indutância mútua por sua impedância, essa é influência do secundário no primário, continuamos com: -j3770 vezes i1, essa é queda de tensão no indutor do primário, na verdade na impedância do primário, que é simplesmente a impedância multiplicada pela corrente, lei de OHM aplicada a análise AC, tudo isso igual a zero.

Essa é a equação do primário.

Análise transformador usando a indutância mútua!

11. A EQUAÇÃO DO SECUNDÁRIO.



A equação para o secundário segue o mesmo raciocínio, note que a corrente foi desenhada entrando no transformador, então ela vai gerar o positivo na impedância do secundário no lado da bolinha, essa é a regra de ouro, se o positivo no primário está do lado da bolinha do indutor do primário, então o positivo no indutor do secundário vai estar do lado da bolinha!

A equação fica: +jota 37,7 vezes i2, queda de tensão no indutor do secundário, - jota 377 i1, essa é a influência do primário no secundário, +i2 vezes 1 OHM da carga, essa é a tensão de saída, tudo isso igual a zero.

Veja temos duas equações e duas incógnitas a corrente do primário e a corrente do secundário.

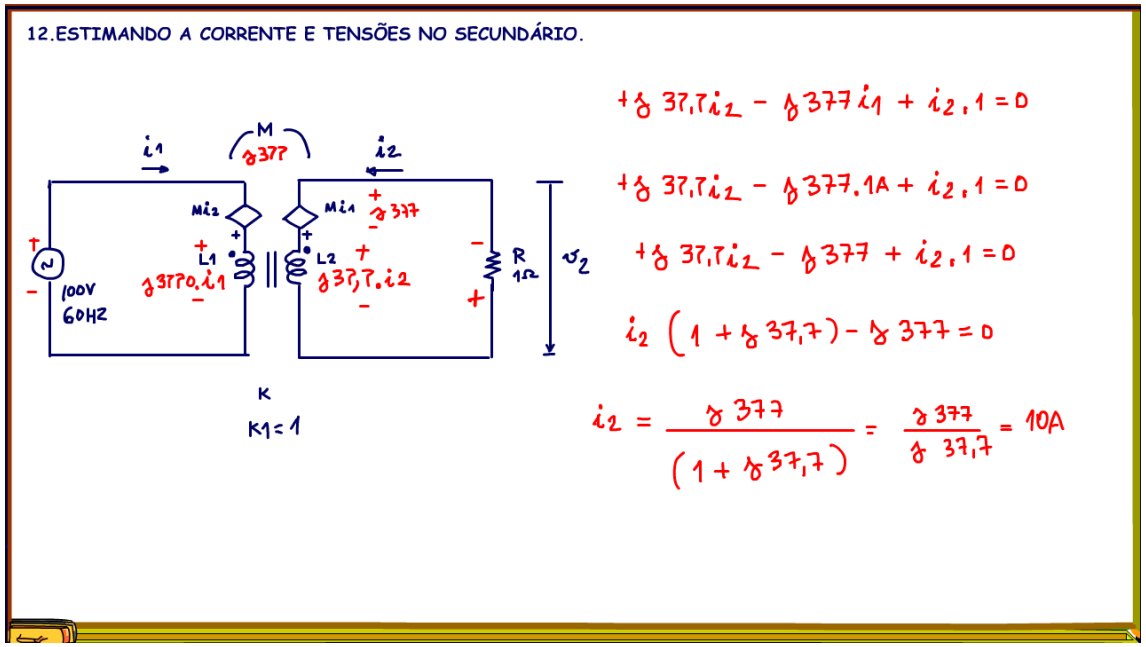
Esse é um sistema de equação que não é simples, apesar de não ser tão complicado assim e esse é o problema do povo da eletrônica não gostar de usar a indutância mútua para analisar circuitos com transformador, se você resolver esse sistema vai chegar a uma corrente do primário igual a 0,99A, bem próximo do ideal 1A.

Esse é um transformador muito bom, esse resultado é porque a impedância do primário é alta e fator de acoplamento é igual a um, transformador quase sem perda, isso indica que se os valores das indutâncias forem apropriados, as indutâncias vão influir pouco nas perdas do transformador, esse critério é usado na hora de construir os transformadores.

Mas existe uma segunda forma de avaliar esse circuito, claro sempre tem um pulo do gato, vamos ver?

Análise transformador usando a indutância mútua!

12. ESTIMANDO A CORRENTE E TENSÕES NO SECUNDÁRIO.



Se eu estou interessado no que acontece no secundário quando eu levo em conta os indutores, então eu posso estimar esse resultado a partir da corrente ideal do primário, truquezinho interessante esse.

Pensando assim e considerando a corrente do primário igual a 1A, vou analisar o secundário, agora é só uma equação com uma só incógnita.

Como eu sei o valor da corrente do primário vou substituir na equação.

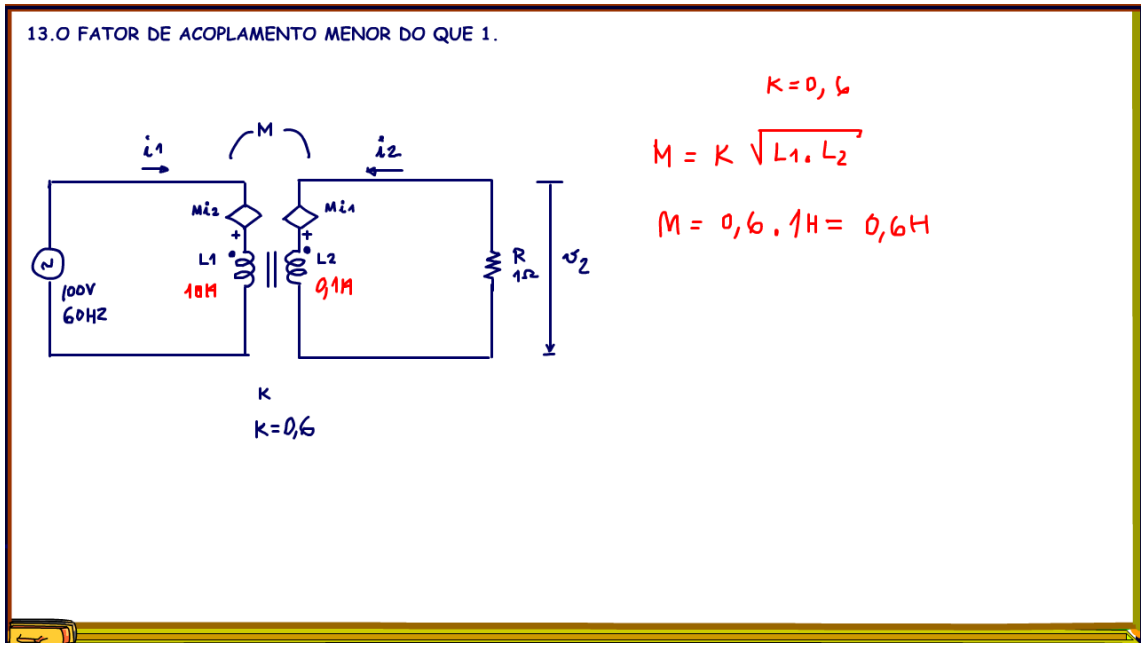
Calculando a parcela com a corrente I1 de um ampere fica: jota 377, essa é a tensão da fonte controlada.

Somando as parcelas com a corrente do secundário i2, passando os parênteses para o outro lado veja que temos uma divisão de números complexos, que é complexo, mas veja que a parcela com o jota no denominador é muito maior do que um, então o denominador pode ser considerado igual a jota 37,7, e o milagre acontece, completando a divisão a corrente no secundário é igual a 10A, exatamente o esperado no transformador ideal.

Isso comprova que se o valor da indutância do primário for bem alto, então o transformador se aproxima do ideal.

Análise transformador usando a indutância mútua!

13. O FATOR DE ACOPLAMENTO MENOR DO QUE 1.



Se agora o transformador tiver um fator de acoplamento menor do que um o que vai acontecer?

O fator de acoplamento é uma forma de medir a qualidade do transformador.

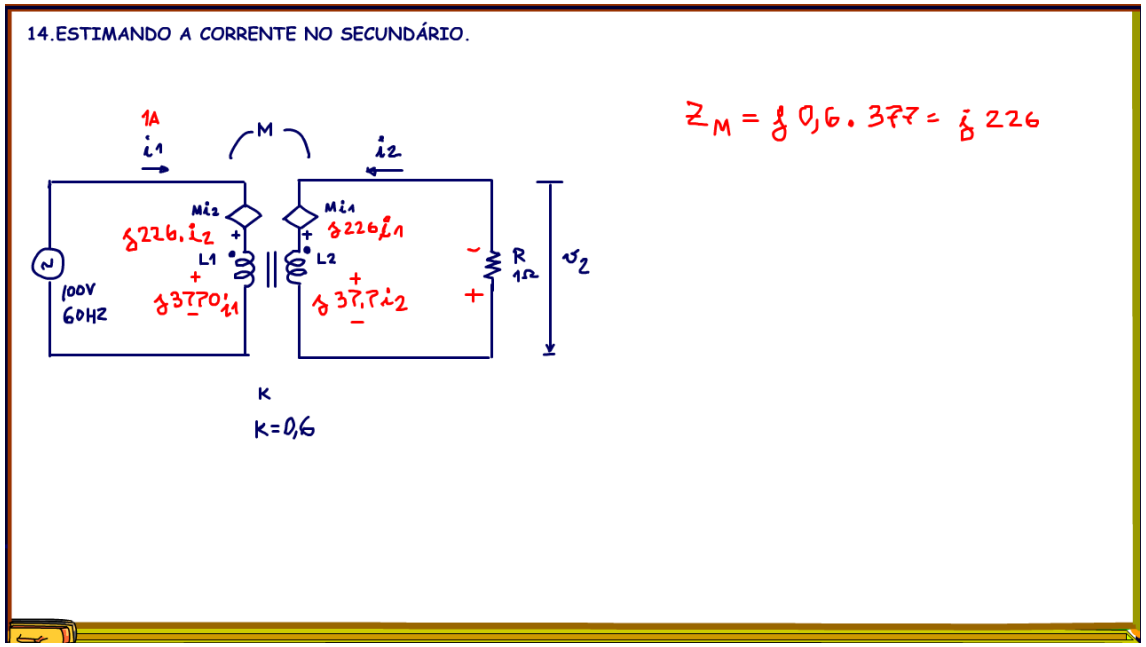
Vou exagerar, imagine um fator de acoplamento igual a 0,6, qual a influência no circuito com o modelo usando a indutância mútua?

A influência vai ser na indutância mútua, seu valor vai diminuir em relação ao transformador com acoplamento igual a um, veja que entes era 1H agora multiplicado por 0,6 ficou 0,6H.

Note que as indutâncias do primário e do secundário não mudaram, elas dependem só delas mesmas, mas as fontes controladas mudarão.

Análise transformador usando a indutância mútua!

14. ESTIMANDO A CORRENTE NO SECUNDÁRIO.

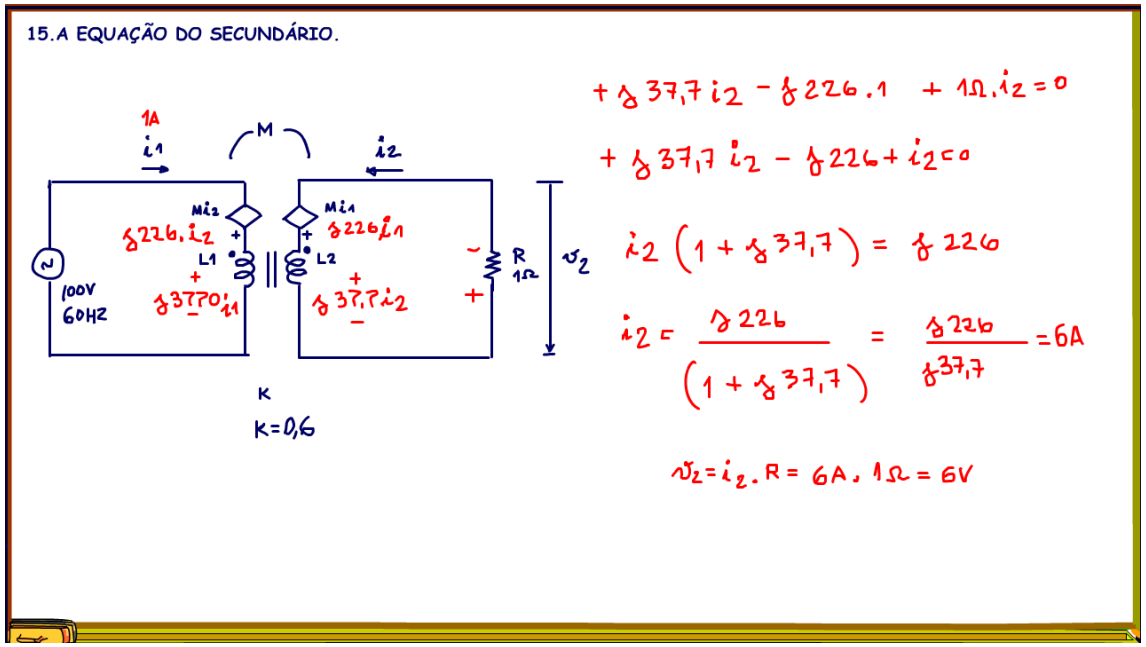


Para estimar a corrente e tensão no secundário vou usar o truque de considerar que a corrente no primário é igual a ideal, nesse caso 1A.

Como vou analisar em AC vou passar para o plano das impedâncias, note que as impedâncias dos indutores não mudaram, mas as tensões nas fontes controladas são multiplicadas pela nova impedância da indutância mútua que é igual a 60% da impedância com fator de acoplamento igual a um, isso dá 226,2H, viu caiu de 377H para 226H, vou arredondar, será que vai influir muito?

Análise transformador usando a indutância mútua!

15. A EQUAÇÃO DO SECUNDÁRIO.



Vou reescrever a equação do secundário considerando a corrente do primário igual a 1A.

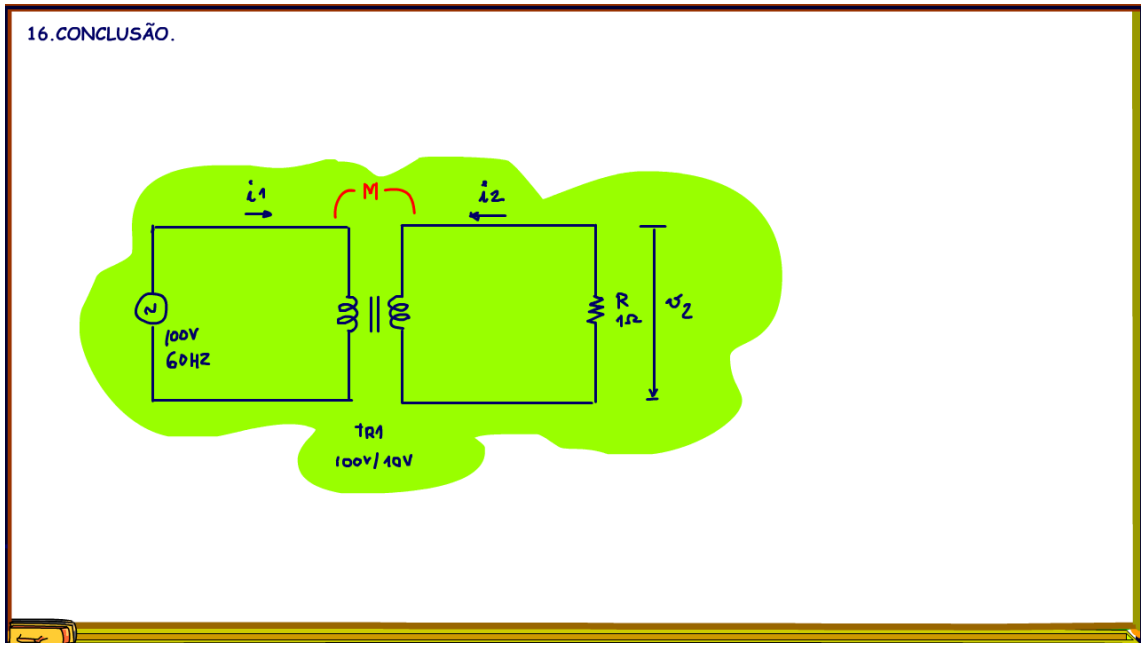
Resolvendo as parcelas, colocando a corrente do secundário em evidência e passando o -j226 para o outro lado da igualdade, isolando a corrente do secundário, passando os parênteses para o denominador, a agora vou simplificar novamente o denominador, jota 37,7 é bem maior do que um, temos que a corrente do secundário igual a: 226 dividido por 37,7, isso dá 5,99A, 6A, veja como diminuiu.

A tensão de saída agora vai cair muito, 6A vezes 1 OHM isso dá 6V, caiu de 10V para 6V.

Veja como é importante o fator de acoplamento, e o fator de acoplamento depende da forma com que as bobinas são bobinadas, das dimensões do transformador, da qualidade do ferro, então o fator de acoplamento indica na verdade a qualidade do transformador, e isso pode ser avaliando usando o modelo da indutância mútua.

Análise transformador usando a indutância mútua!

16. CONCLUSÃO.



Você viu nesse tutorial com usar o modelo da indutância mútua para analisar um circuito com um transformador real, nos próximos tutoriais vou mostrar como medir essas grandezas num transformador real, até lá e bom proveito.

17. CRÉDITOS

E por favor, se você não é inscrito, se inscreva e marque o sininho para receber as notificações do canal e não esqueça de deixar aquele like e compartilhar para dar uma força ao canal do professor bairros.

Arthurzinho: E não tem site.

Tem sim é www.bairrospd.com lá você encontra o PDF e tutoriais sobre esse e outros assuntos da eletrônica

E fique atento ao canal do professor bairros para mais tutoriais sobre eletrônica, até lá!

INCRIÇÃO YOUTUBE: https://www.youtube.com/@professorbairros

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIRROS LÁ TEM O PDF E MUITO MAIS

PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE

www.bairrospd.com

SOM: pop alegre Mysteries -30 (fonte YOUTUBE)

Análise transformador usando a indutância mútua!

20240917 Análise transformador usando a indutância mútua

Análise transformador usando a indutância mútua!

Noutro tutorial, eu mostrei o conceito do modelo do transformador usando a indutância mútua, naquele tutorial eu mostrei um exemplo de um circuito como o transformador com o secundário aberto, e o conceito da indutância mútua funcionou muito bem, nesse tutorial eu vou analisar um circuito com transformador alimentando uma carga, será que o modelo usando a indutância mútua vai funcionar também, será que esse modelo vai mostrar o que acontece com um transformador quando tem o secundário carregado?

Assuntos relacionados.

Quanta teoria eu preciso para trabalhar com eletrônica?: https://youtu.be/-5T6T3sIjDo

YOUTUBE: https://youtu.be/j6cBoUqOmNQ

Transformador, indutância mútua, fator de acoplamento, analise circuitos com transformador, modelo do transformador,