

COMO CONSTRUIR UM MEDIDOR DE SEQUÊNCIA DE FASE BEM EXPLICADINHO.

Faça um e ainda entenda como funciona



Professor Bairros (27/09/2023)

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.



The screenshot shows the homepage of the website 'bairrospd'. The header includes the logo and text: 'bairrospd BAIROS PROJETOS DIDÁTICOS E ELETRÔNICOS'. Below the header, there is a navigation menu with items like 'HOME', 'CURSOS', 'BIBLIOTECA', 'TUTORIAIS', 'VOCÊ SABIA?', and 'CONTATO'. The main content area features a section titled 'APRENDA A LER RESISTORES' with an illustration of a person working with a resistor. Another section is titled 'O QUE SIGNIFICA GASTAR ENERGIA ELÉTRICA: Uma questão de Potência.' At the bottom, there is a blue button that says 'AULAS OU ASSESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIROS?' and a 'CLIQUE AQUI' link.

**VISITE
O NOSSO
SITE e
CANAL
YOUTUBE**

www.bairrospd.com
Professor Bairos

www.bairrospd.com

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ EM O PDF E MUITO MAIS.
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

www.bairrospd.com

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

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

Sumário

1. Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.	5
2. O circuito.....	6
3. Como funciona um sequenciador de fase.	7
4. Os valores dos componentes.	8
5. A análise do circuito.....	9
6. O objetivo.....	10
7. A tensão sobre o capacitor.	11
8. A impedância equivalente de Thevenin.	12
9. Gráfico da tensão trifásica	13
10. A fase S.	14
11. A fase T.	15
12. O gráfico trifásico.	16
13. A tensão de Thevenin.....	17
14. A tensão da fase T.....	18
15. A tensão RS.....	19
16. A tensão nas resistências.....	20
17. Achando o ponto central das retas.	21
18. Traçando o segundo círculo.....	22

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

19.	Achando o centro.....	23
20.	O ponto zero das resistências.	24
21.	Desenhando A tensão de Thevenin.....	25
22.	A tensão de Thevenin.	26
23.	O equivalente de Thevenin.	27
24.	O circuito RC em AC	28
25.	Revisando o circuito RC em AC	29
26.	Ligando o capacitor.	30
27.	Desenhando as tensões no circuito RC	31
28.	Achando a tensão da resistência.	32
29.	Achando a tensão sobre o capacitor.....	33
30.	Desenhado a tensão sobre o capacitor.	34
31.	Achando centro do semicírculo.....	35
32.	O centro do círculo.....	36
33.	Traçando o círculo.	37
34.	O ponto de intersecção.....	38
35.	O ponto zero de Thévenin.....	39
36.	A tensão no capacitor.....	40
37.	A tensão na resistência R1.	41
38.	A tensão sobre a resistência R2.	42

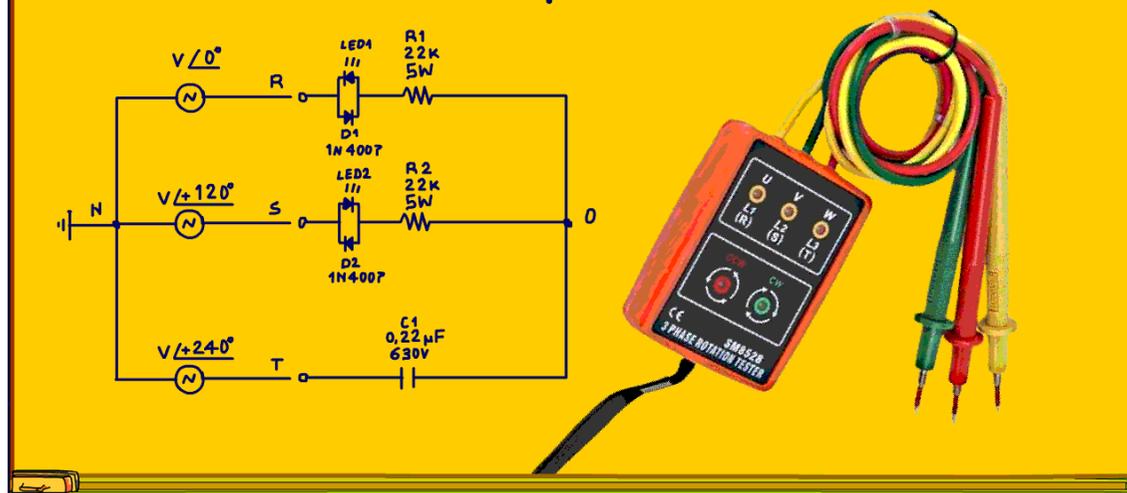
Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

39.	Invertendo a fase.....	43
40.	Um último detalhe.	44
41.	Conclusão.....	45
42.	Créditos.....	46

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

1. COMO CONSTRUIR UM MEDIDOR DE SEQUÊNCIA DE FASE BEM EXPLICADINHO.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

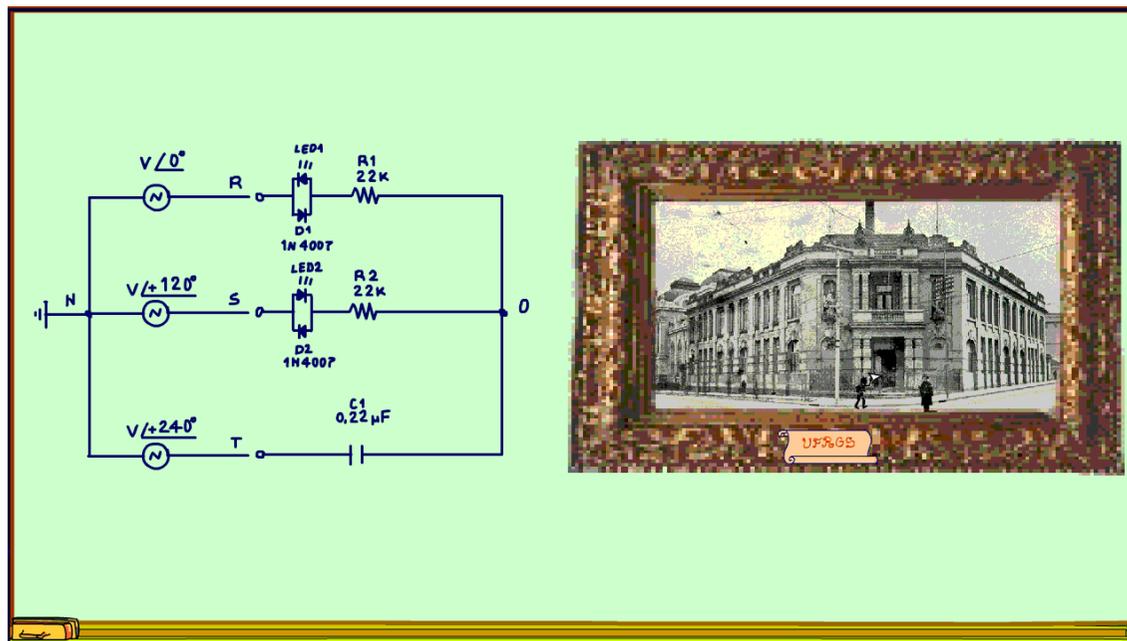


Nesse tutorial eu vou mostrar como montar de forma simples um medidor de sequência de fase e mais vou analisar o circuito de forma mais simples ainda, mostrando como a análise pode ser simplificada usando vetores e as regras básicas de análise que você já conhece, tenho certeza, que essa análise vai te surpreender.

Vamos lá.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

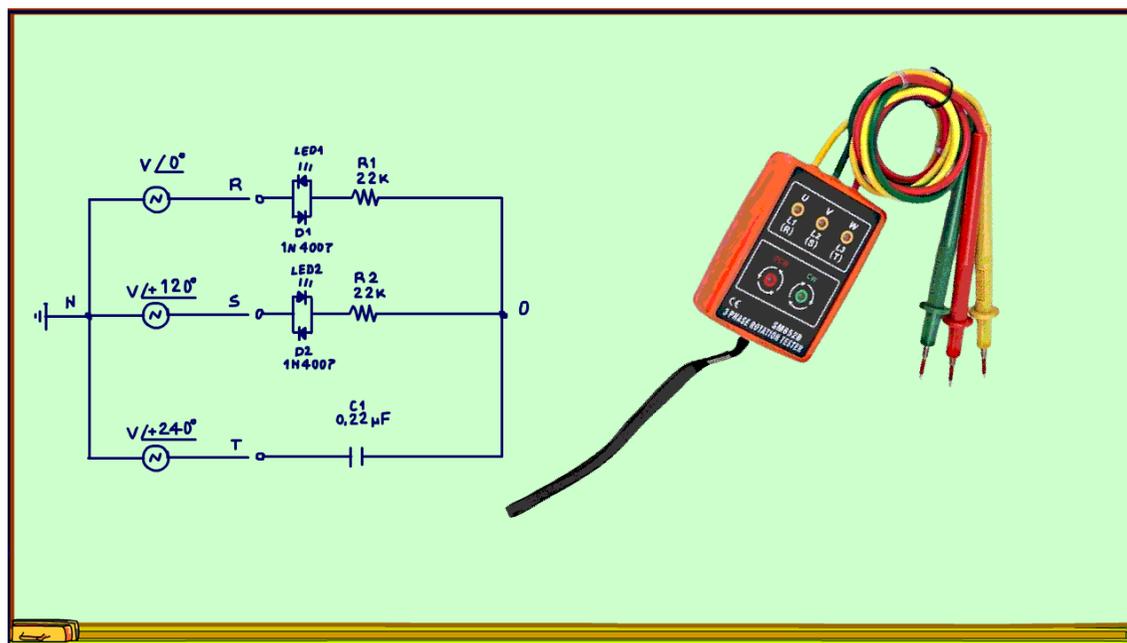
2. O CIRCUITO.



Esse é o circuito, o circuito é simples, mas se pedir para analisar e determinar a tensão no ponto "zero", seria o equivalente do neutro desse circuito trifásico, muitos poderiam achar complicado, mas olhando um vídeo do mestre Cadenas, ele mostrou uma forma que eu já havia visto na faculdade, nas aulas do professor Kauer na UFRGS, onde ele ensinou análise AC usando somente régua, esquadro essas ferramentas de desenho, eu já falei sobre esse método antes aqui nesse canal amalucado, e mesmo depois de tanto tempo ainda me surpreende como esse método pode ajudar a entender os circuitos AC.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

3. COMO FUNCIONA UM SEQUENCIADOR DE FASE.

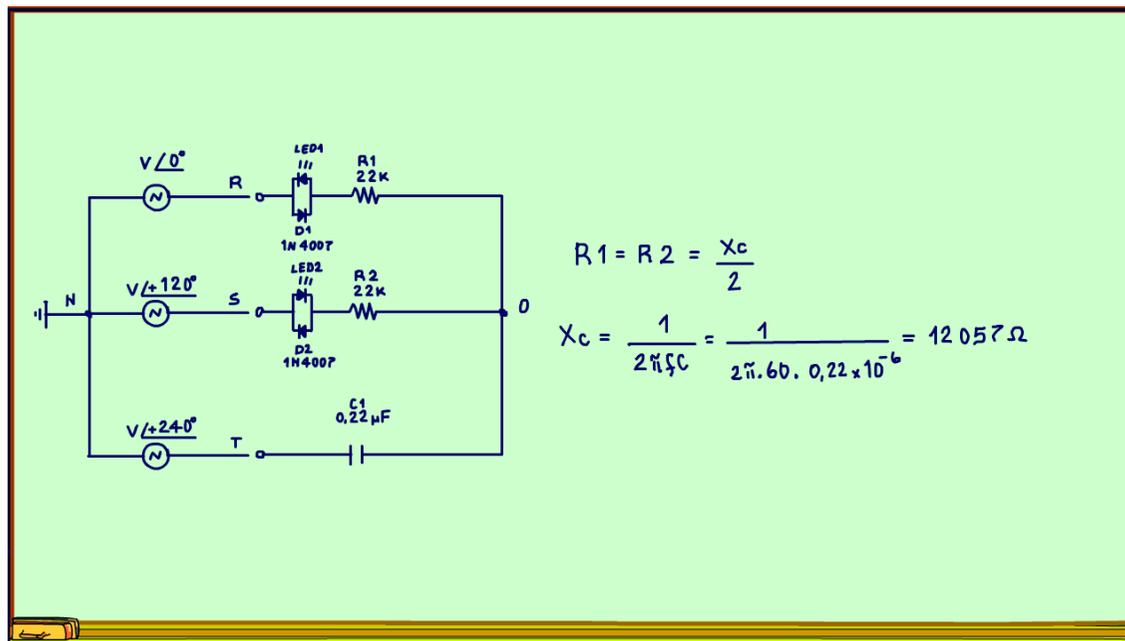


Veja um na figura um medidor de sequência de fase comercial, você deve conectar nas três fases e observa qual o LED acende mais forte, CW ou CCW, simples assim.

Por isso os LEDs no circuito!

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

4. OS VALORES DOS COMPONENTES.



$$R1 = R2 = \frac{X_c}{2}$$

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \cdot 60 \cdot 0,22 \times 10^{-6}} = 12057 \Omega$$

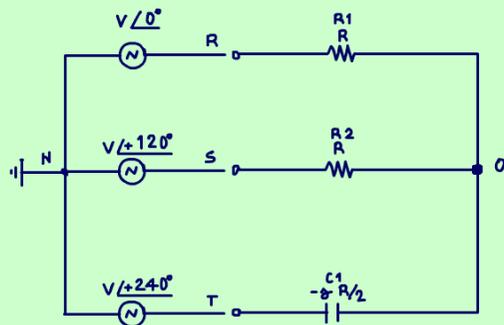
Os valores das resistências foram escolhidos para limitar a corrente no LED, em 220Vac deve circular uma corrente ao redor de 10 mA.

O importante é que uma vez escolhido o valor da resistência, o capacitor deva ter uma reatância capacitiva igual a metade do valor da resistência.

Nesse caso o valor da resistência é de 22k, então o capacitor escolhido é de 0,22uF que tem uma reatância de 12057 OHM, veja na equação da figura, a reatância foi escolhida para a frequência de 60 Hz.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

5. A ANÁLISE DO CIRCUITO.

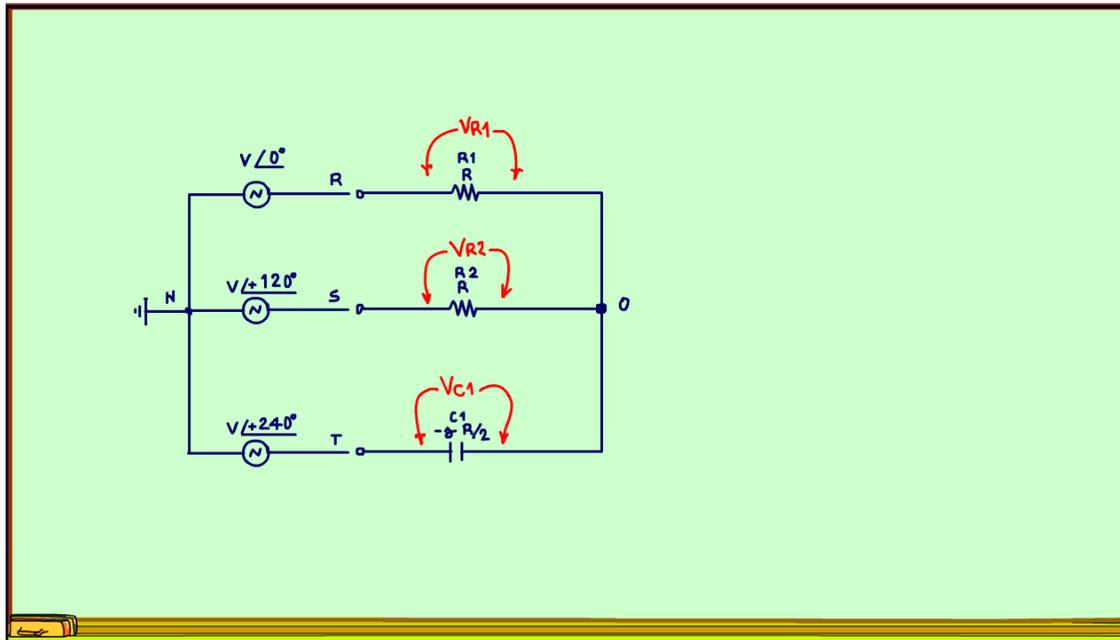


Para analisar o circuito vou chamar a resistência de R e a reatância do capacitor de R sobre 2.

Esse é o circuito passando para o plano das impedâncias, nesse caso o capacitor deverá ser substituído pela sua impedância $-jXC$, mas já vou avisando não vai ter matemática nessa solução, eu vou usar simplesmente régua esquadro e transferidor, veja a mágica, você vai ficar de queixo caído.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

6. O OBJETIVO.

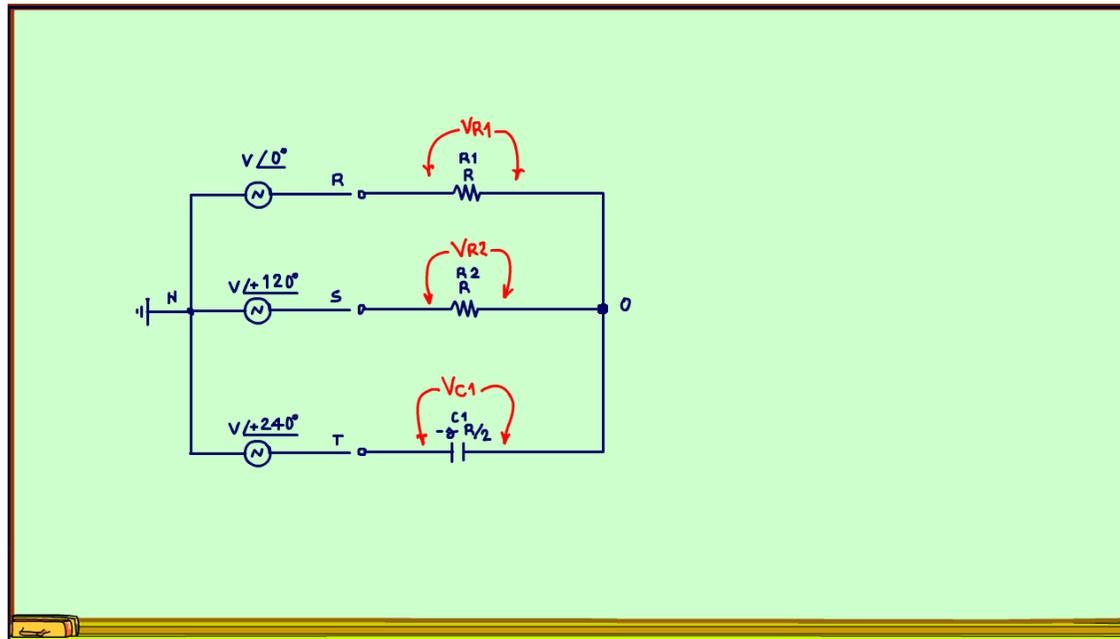


O objetivo dessa análise é determinar a tensão do ponto central o ponto zero, em relação as fases R e S, as fases onde estão ligadas as resistências, o enunciado poderia ser:

Determine as tensões sobre as resistências nesse circuito AC?

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

7. A TENSÃO SOBRE O CAPACITOR.



O segredo desse circuito é determinar a tensão sobre o capacitor, conhecendo essa tensão as outras saem num passe de mágica.

Para determinar a tensão sobre o capacitor eu vou usar Thevenin, isso mesmo, já vai servir para relembrar essa técnica que simplifica muitas as análises.

O Thevenin simplifica tudo, porque eu analiso o circuito sem o capacitor, então vamos tirar o capacitor.

O restante do circuito eu vou cercar, vou encaixotar deixando somente dois terminais para o circuito exterior, essa caixa eu vou chamar de equivalente de Thevenin.

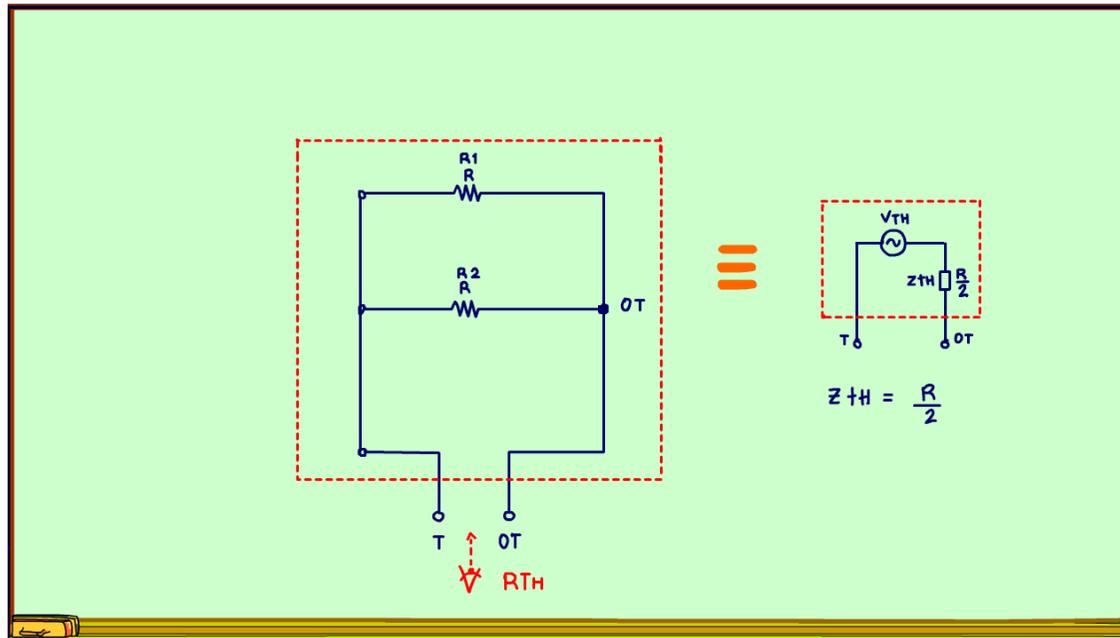
Essa caixa, vai se transformar em um circuito muito mais simples, com uma só impedância, chamada impedância equivalente de Thevenin, aqui em AC e uma fonte de tensão, a fonte de tensão de Thevenin.

O equivalente é composto pela fonte de Thevenin em série com a impedância de Thevenin, é isso que o capacitor vai enxergar quando for ligado entre a fase T e o zero, vou chamar o ponto comum agora de zero de Thevenin.

O nosso trabalho agora é determinar a tensão da fonte de Thevenin e o valor da impedância de Thevenin.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

8. A IMPEDÂNCIA EQUIVALENTE DE THEVENIN.



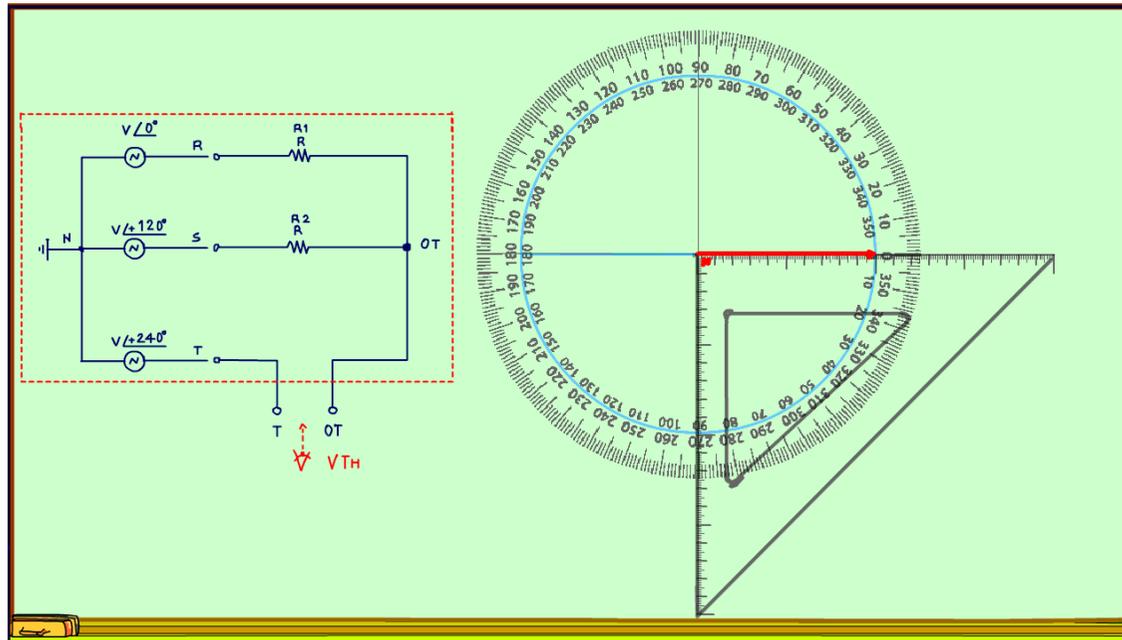
Para determinar a impedância equivalente de Thevenin o procedimento é simples.

Eu devo determinar a impedância equivalente do circuito da caixa olhando pelos terminais aberto e com as fontes de tensões em curto.

Veja como fica simples o circuito, só duas resistências de mesmo valor em paralelo, não podia ser mais simples, a impedância equivalente de Thevenin é igual ao valor da resistência "R" sobre dois.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

9. GRÁFICO DA TENSÃO TRIFÁSICA



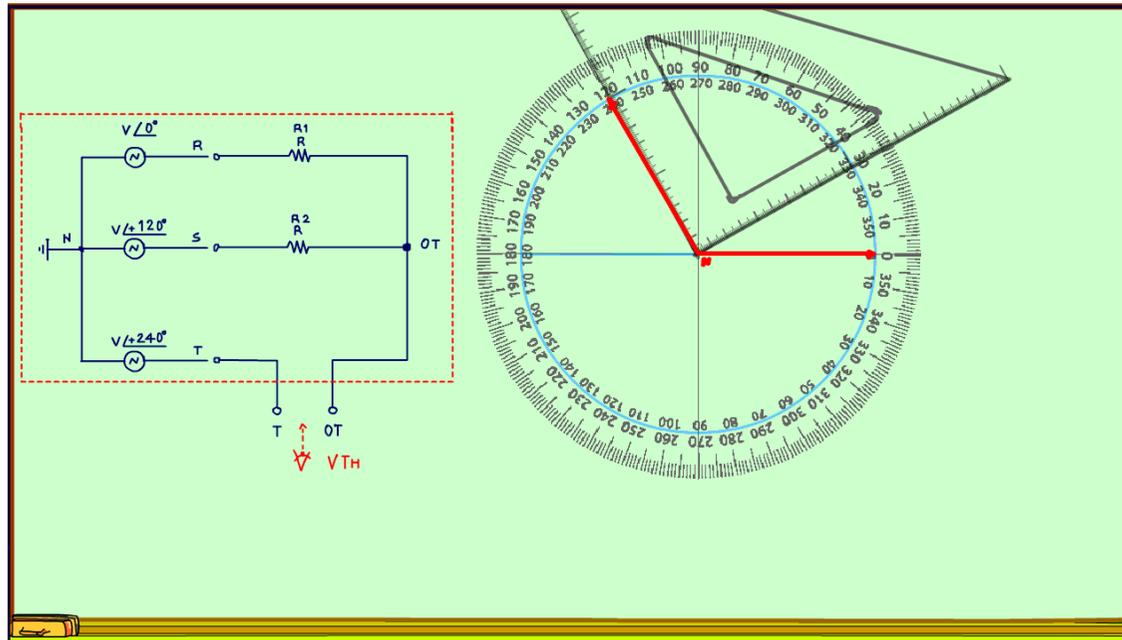
Para determinar a tensão de Thevenin eu vou usar o gráfico dos fasores, veja o gráfico de uma ligação trifásica com três terminais das fases e o neutro no centro.

Primeiro eu desenho as três tensões de fases, aquelas em relação ao neutro.

Primeiro desenho a fase R tendo o neutro como origem, é o ângulo zero.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

10.A FASE S.

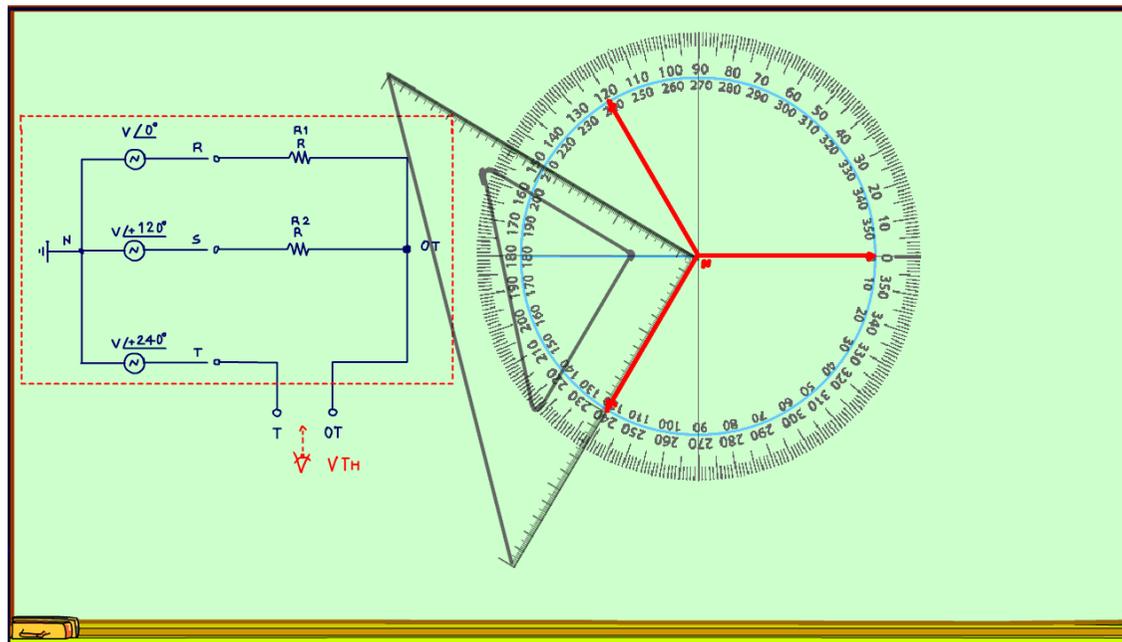


Agora desloco o esquadro para 120 graus e desenho a fase S, tendo a origem no neutro.

Se a sequência de fase é anti-horário, o normal, então a fase S é a seguinte, desenhada a mais 120 graus.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

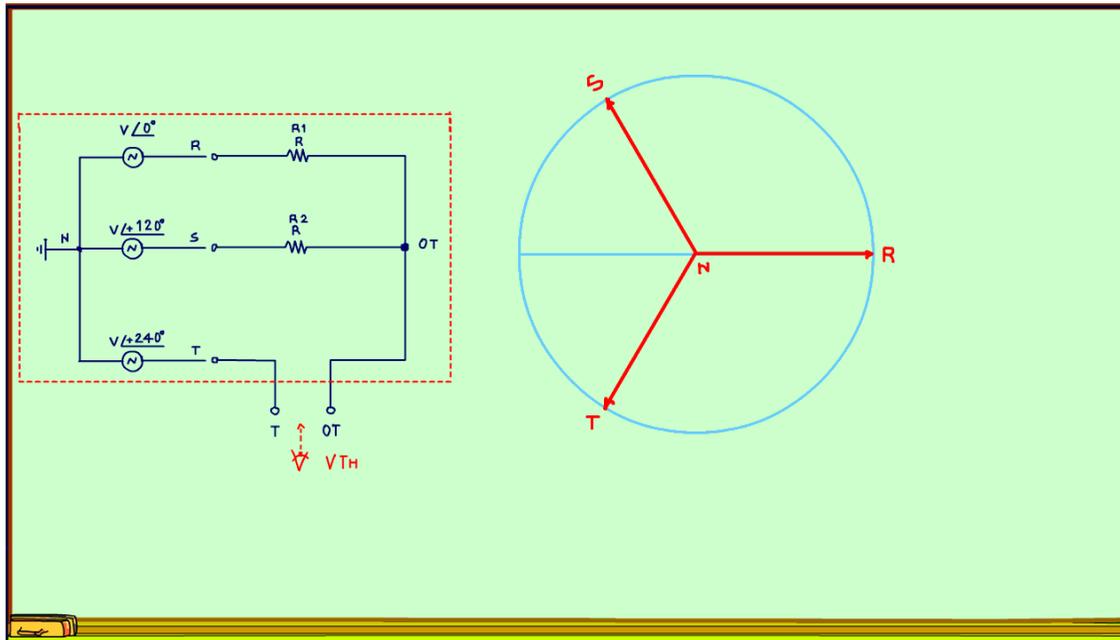
11.A FASE T.



Agora desloco o esquadro mais 120 graus, 240 graus essa é a fase T, tudo em relação em neutro, essas são as três tensões de fase.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

12.O GRÁFICO TRIFÁSICO.



Esse é o gráfico das tensões trifásicas.

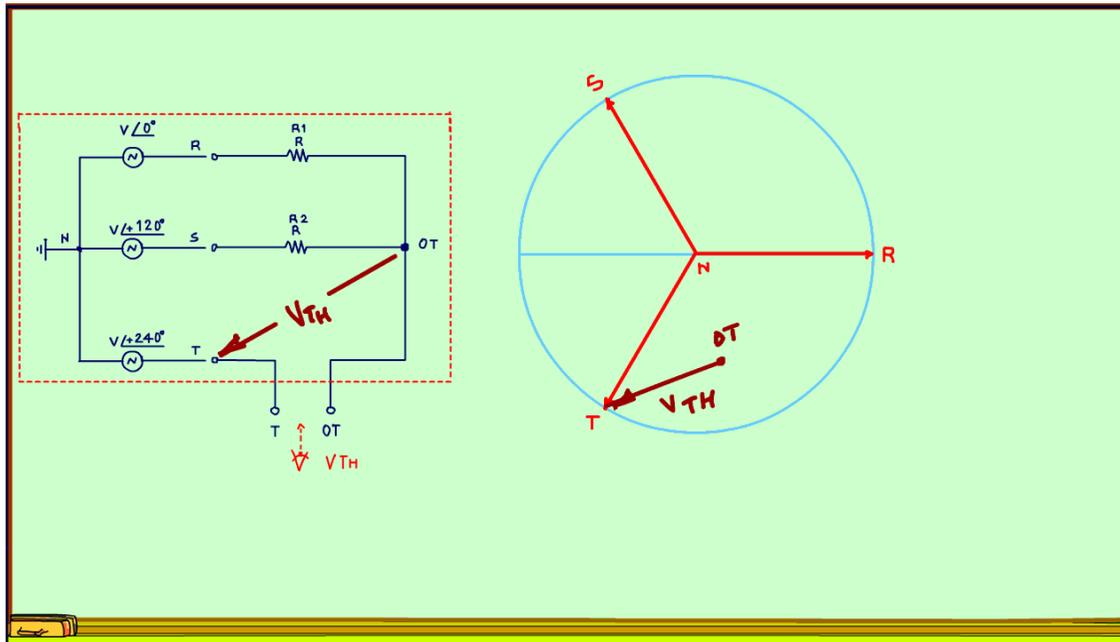
Vou marcar as pontas das fases como R, S e T, e vou marcar o ponto do neutro, são esses pontos que você vê numa tomada trifásica, os três pontos de fase e o neutro.

Vou analisar o circuito sobre esse gráfico, usando régua e esquadro claro.

Olhar um circuito AC na forma de um gráfico torna tudo mais fácil, espero.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

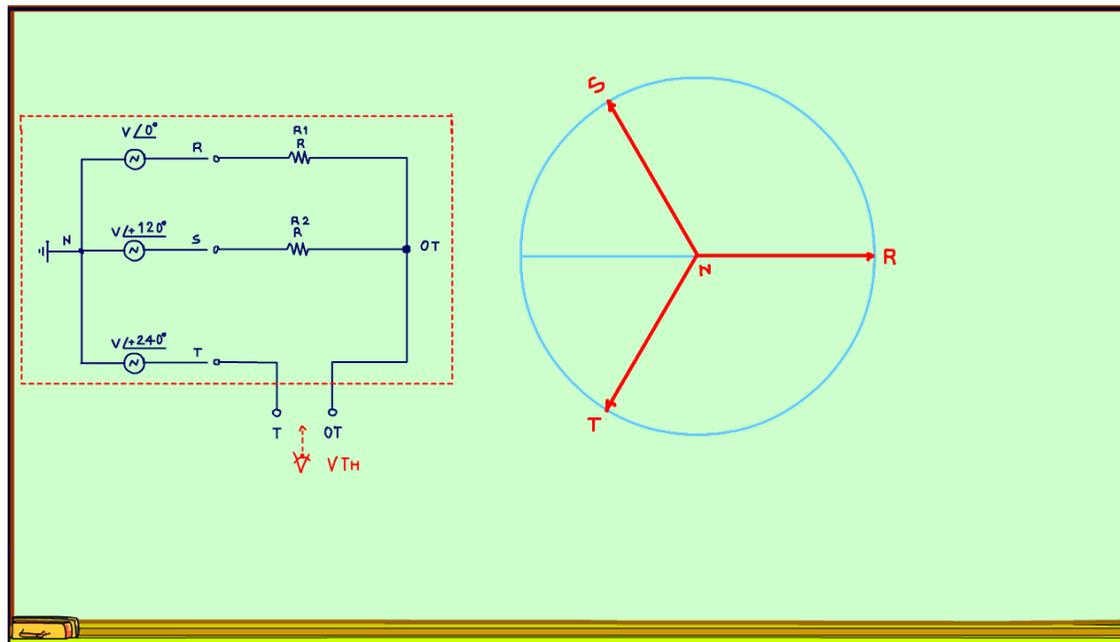
13.A TENSÃO DE THEVENIN



Agora vou determinar a tensão de Thevenin entre a fase "T" e o zero de Thevenin.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

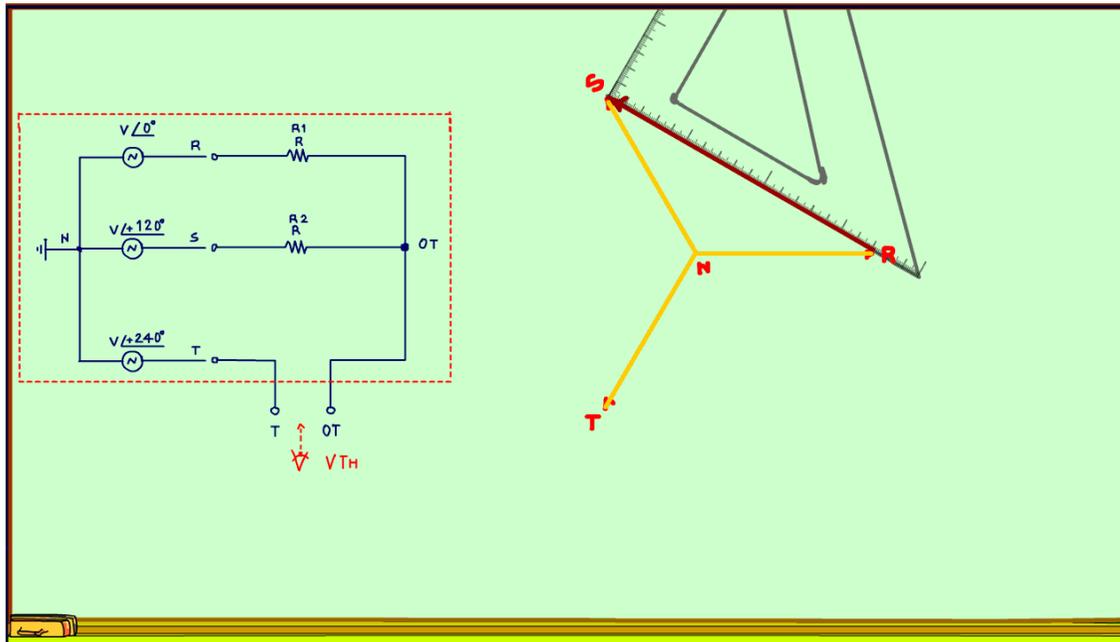
14.A TENSÃO DA FASE T



A missão é determinar a tensão do zero de Thevenin em relação a fase T, mas usando o gráfico.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

15.A TENSÃO RS

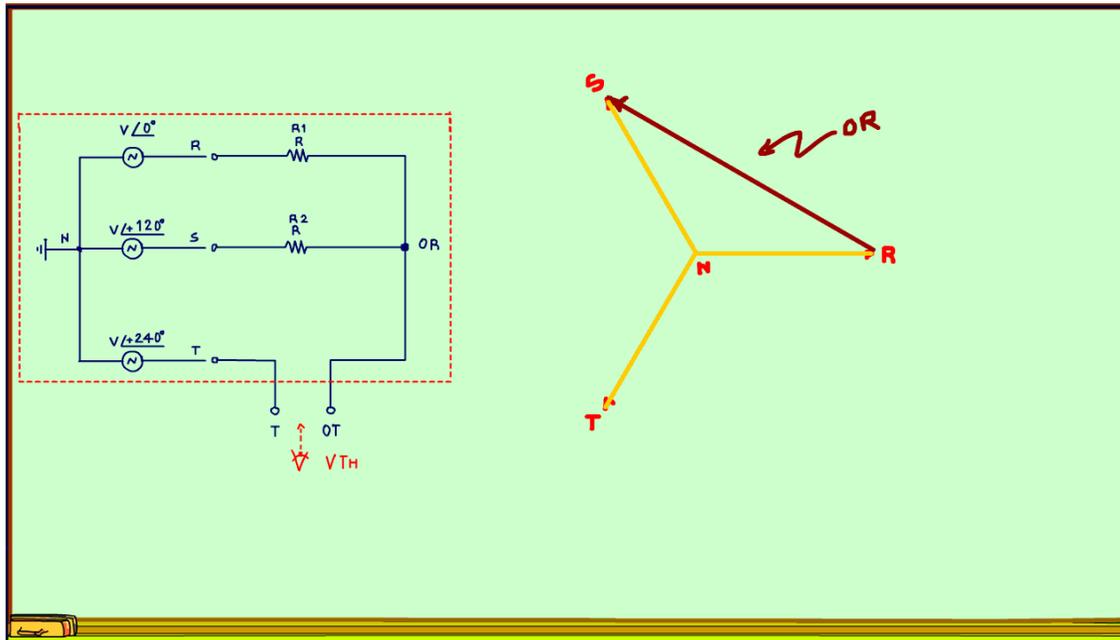


Agora começa a mágica, onde estão os fasores das tensões sobre as resistências?

É só desenhar, note que as duas resistências estão ligadas entre a fase R e a fase S, então primeiro vou desenhar o fasor da tensão entre a fase R e a fase S, uma reta.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

16.A TENSÃO NAS RESISTÊNCIAS.

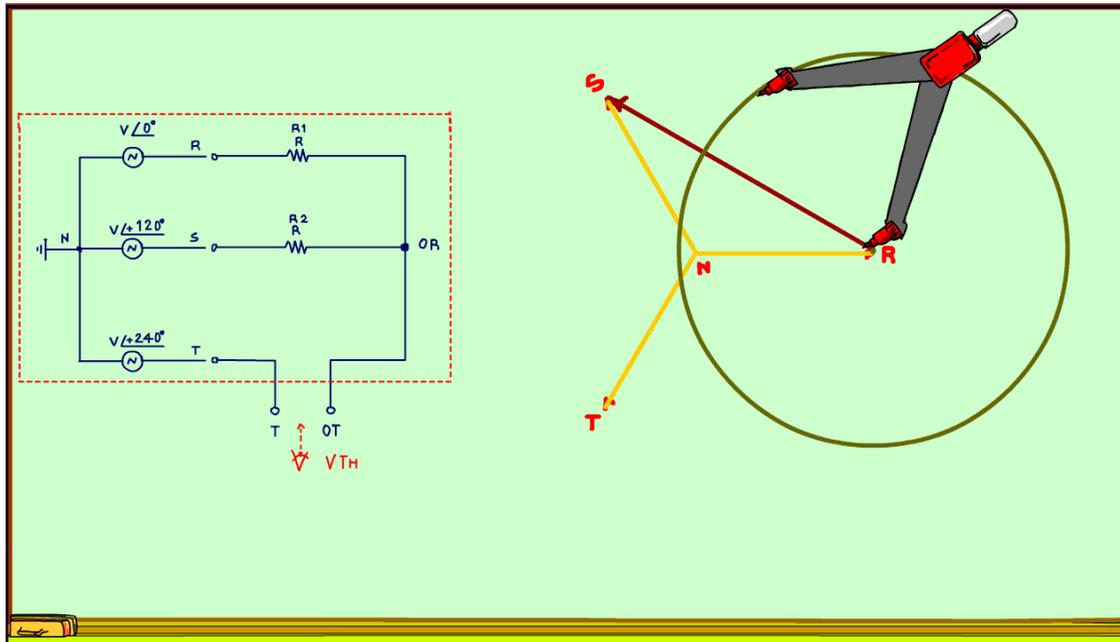


Como a tensão de uma resistência está em fase com a tensão da fonte, as tensões sobre as resistências estão sobre essa reta e mais, como as duas resistências são iguais, então a reta vai se dividir em dois, vou chamar o ponto central de o zero das resistências OR .

Como achar o ponto central de uma reta?

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

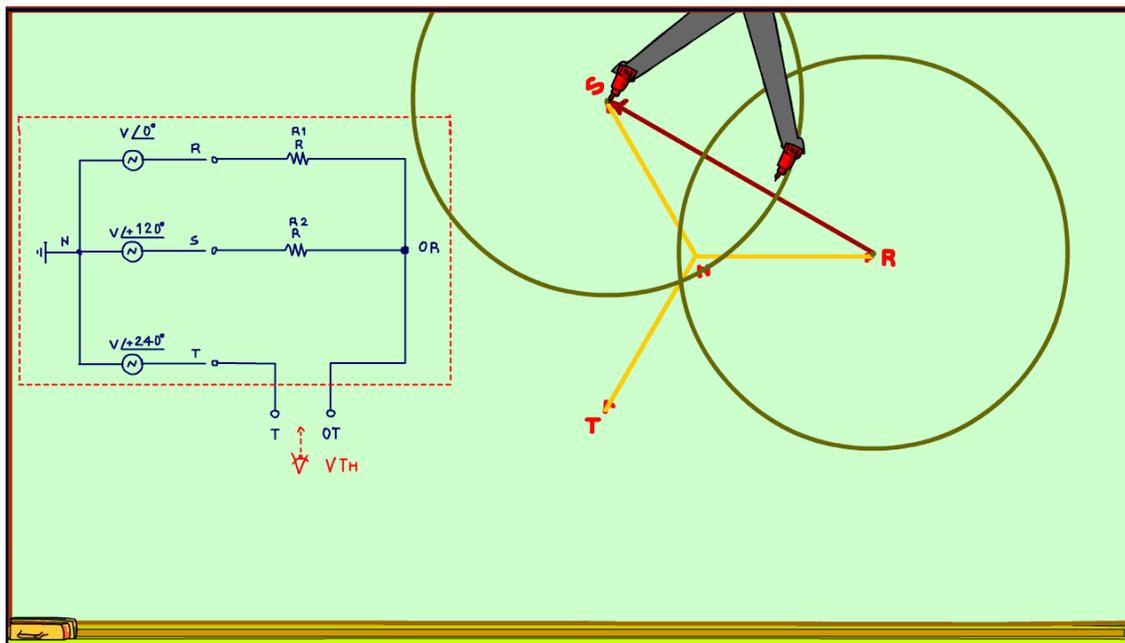
17. ACHANDO O PONTO CENTRAL DAS RETAS.



Para determinar o ponto central eu posso medir com a régua, e pegar a medida e dividir por dois, mas não quero calculadora, então pego o compasso e faço um círculo em dos lados da reta.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

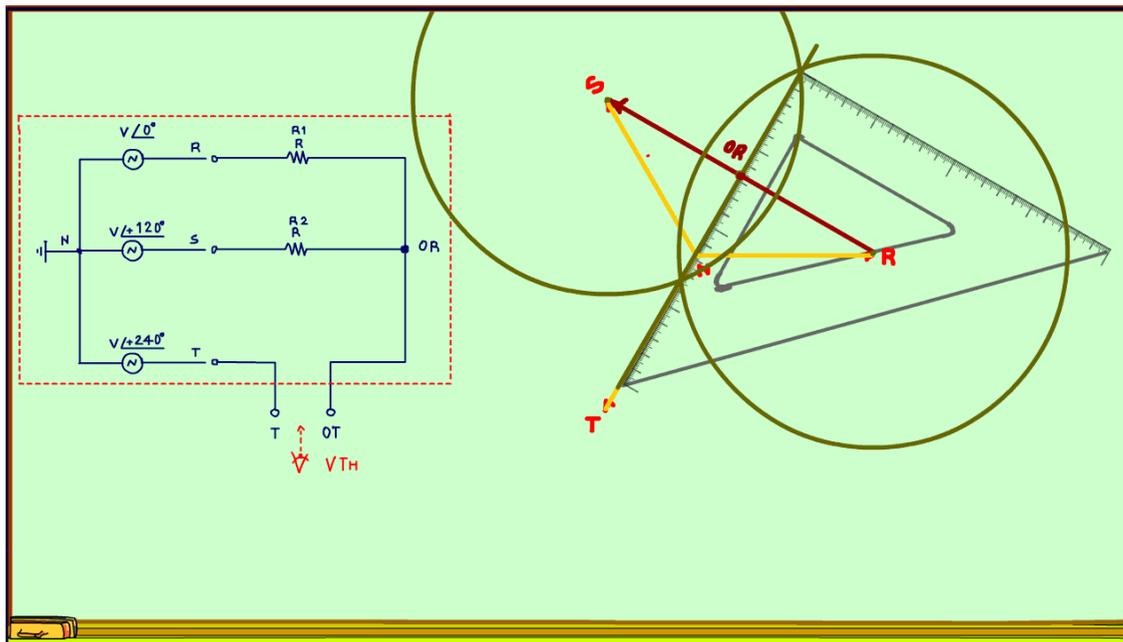
18. TRAÇANDO O SEGUNDO CÍRCULO.



Depois, desloco o compasso, sem mexer na abertura, traço outro círculo com o mesmo diâmetro na outra ponta da reta,

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

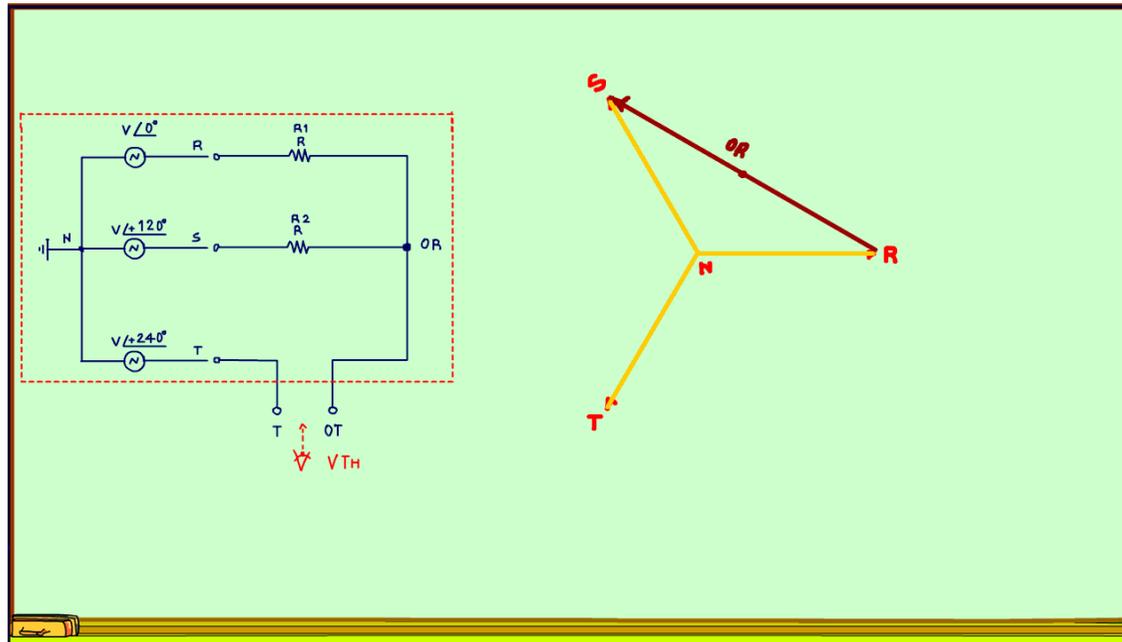
19. ACHANDO O CENTRO.



Agora para achar o centro, passo uma reta entre as intersecções dos círculos e está lá, o centro com grande precisão e sem calculadora.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

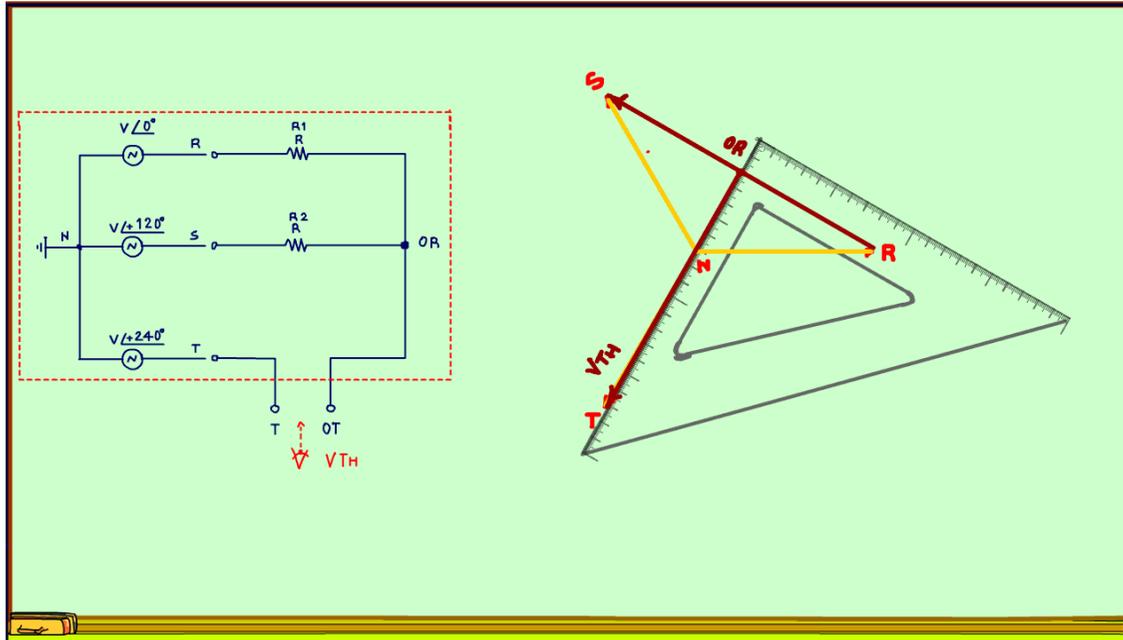
20.O PONTO ZERO DAS RESISTÊNCIAS.



Pronto esse é o ponto zero das resistências.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

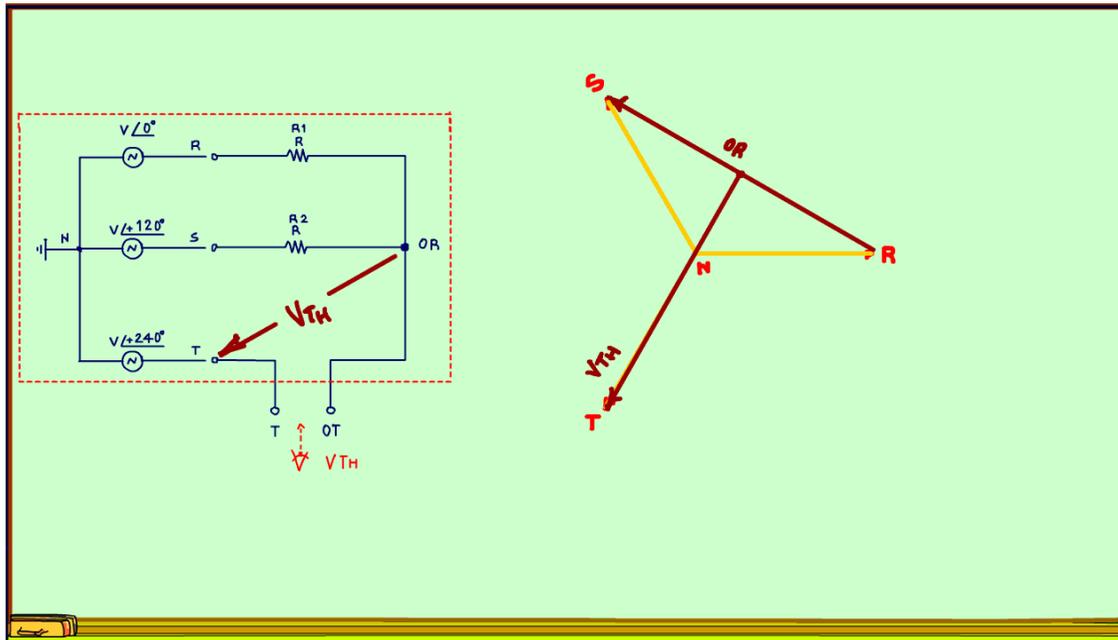
21. DESENHANDO A TENSÃO DE THEVENIN.



Então a tensão de Thevenin é a reta que une a fase T até o ponto zero das resistências.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

22.A TENSÃO DE THEVENIN.

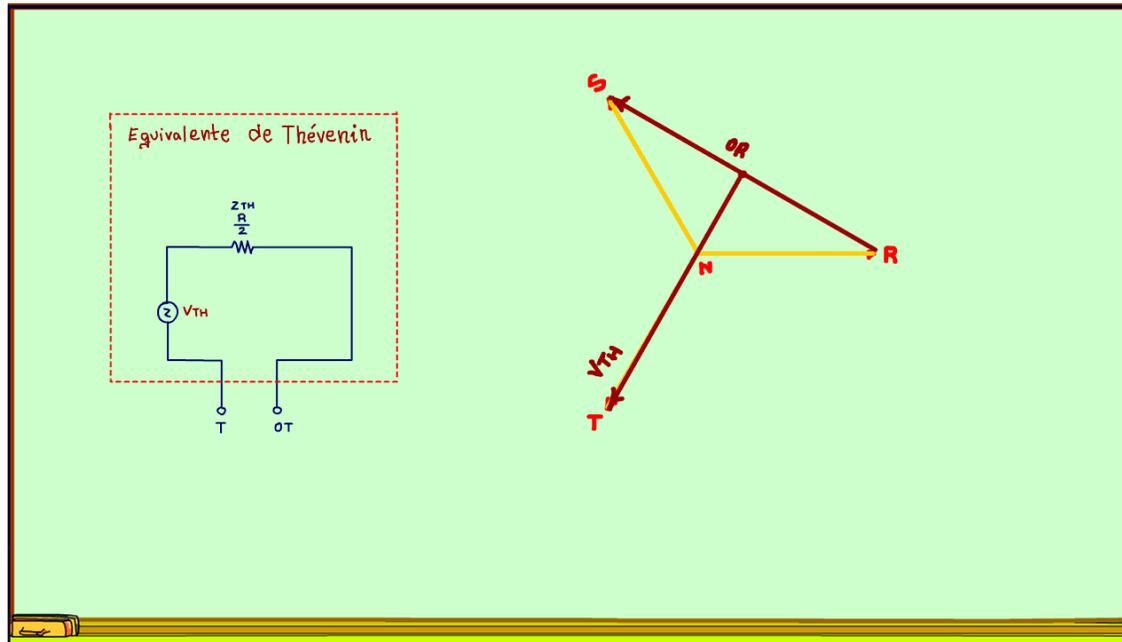


Essa é exatamente a medição como está no diagrama elétrico, mas no desenho fantástico esse método.

Eu poderia medir até o valor, o ângulo e tudo mais, mas não precisa, vamos precisar somente do gráfico e as medidas relativas, não vamos complicar não é mesmo.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

23.O EQUIVALENTE DE THEVENIN.

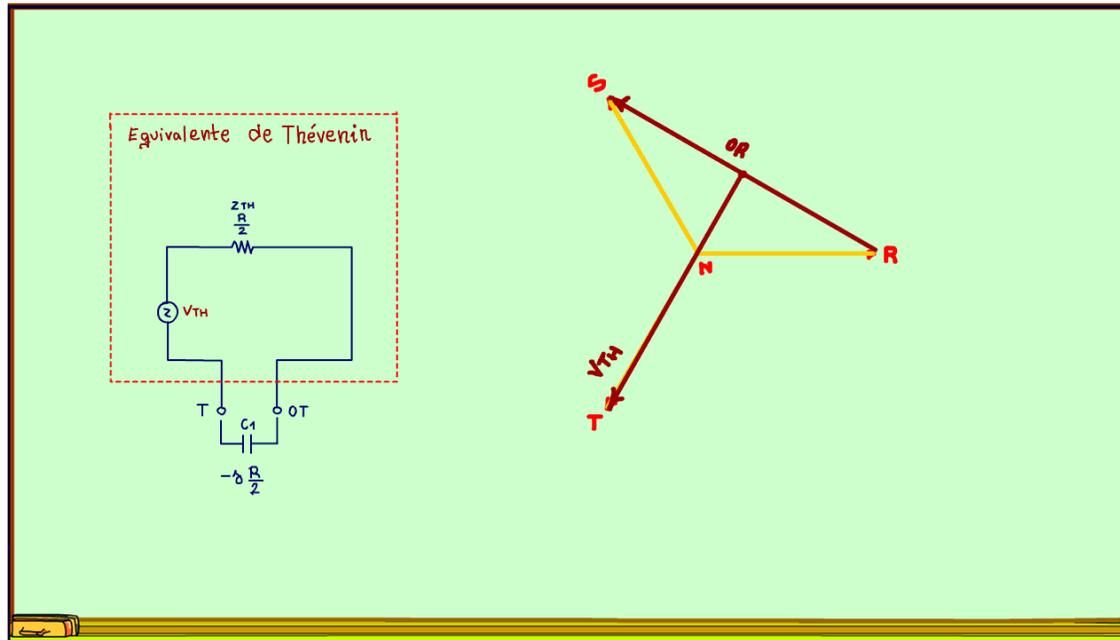


Agora temos o equivalente de Thevenin, uma fonte de tensão, cujo vetor está desenhado no gráfico, isso nos basta, em série temos uma resistência de valor igual a metade do valor das resistências R.

Não podia ser mais simples.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

24.O CIRCUITO RC EM AC

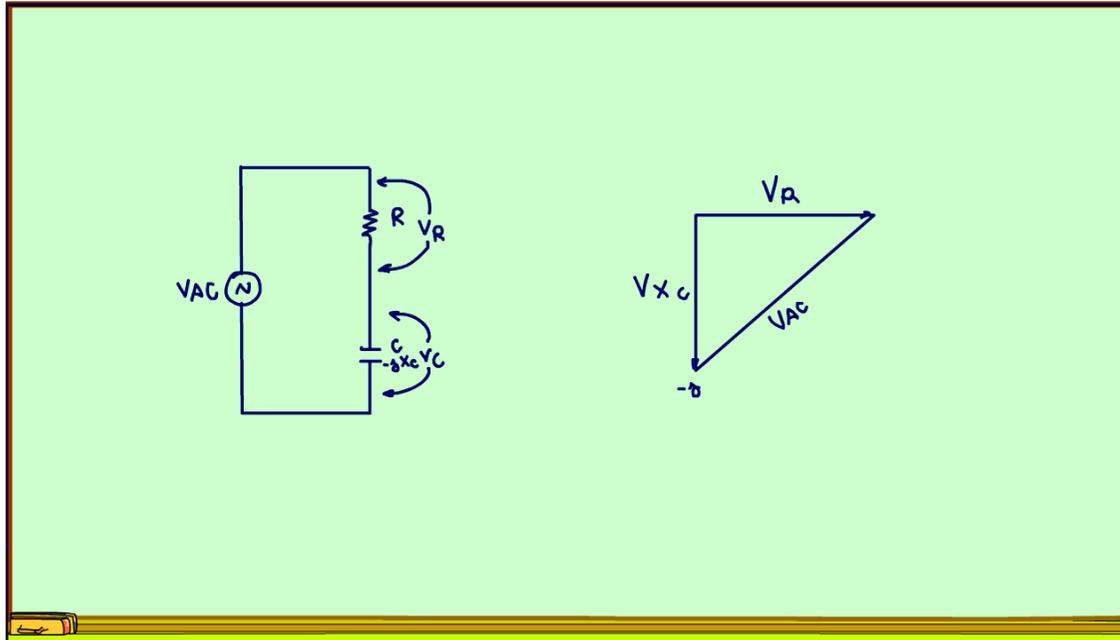


Agora vou ligar o capacitor, veja que o circuito agora é um circuito simples do tipo RC, esse simples é um presente do Sr. Thévenin.

Aqui vou desenhar o capacitor com a sua impedância menos jota a impedância capacitiva que aqui vale erre sobre dois, igualzinho a resistência de Thévenin.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

25. REVISANDO O CIRCUITO RC EM AC

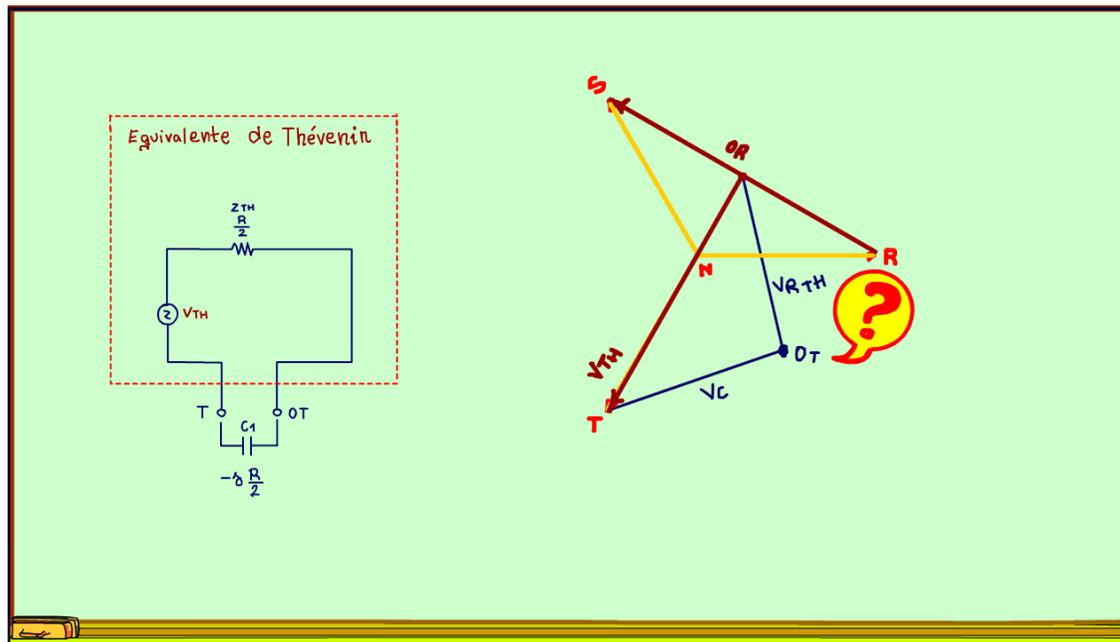


Só para revisar, um circuito AC RC as tensões podem ser desenhadas como um triângulo, a tensão sobre a resistência vai estar em fase com a corrente, a tensão sobre o capacitor vai estar atrasada de 90 graus, por isso o menos jota na impedância e a tensão de entrada V_{ac} é a hipotenusa.

As tensões na resistência e no capacitor serão proporcionais ao valor da resistência e da reatância do capacitor, se as duas forem iguais, as tensões também serão iguais e o ângulo ϕ do triângulo das tensões será de 45 graus, a corrente estará adiantada de 45 graus da tensão da fonte AC.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

26. LIGANDO O CAPACITOR.



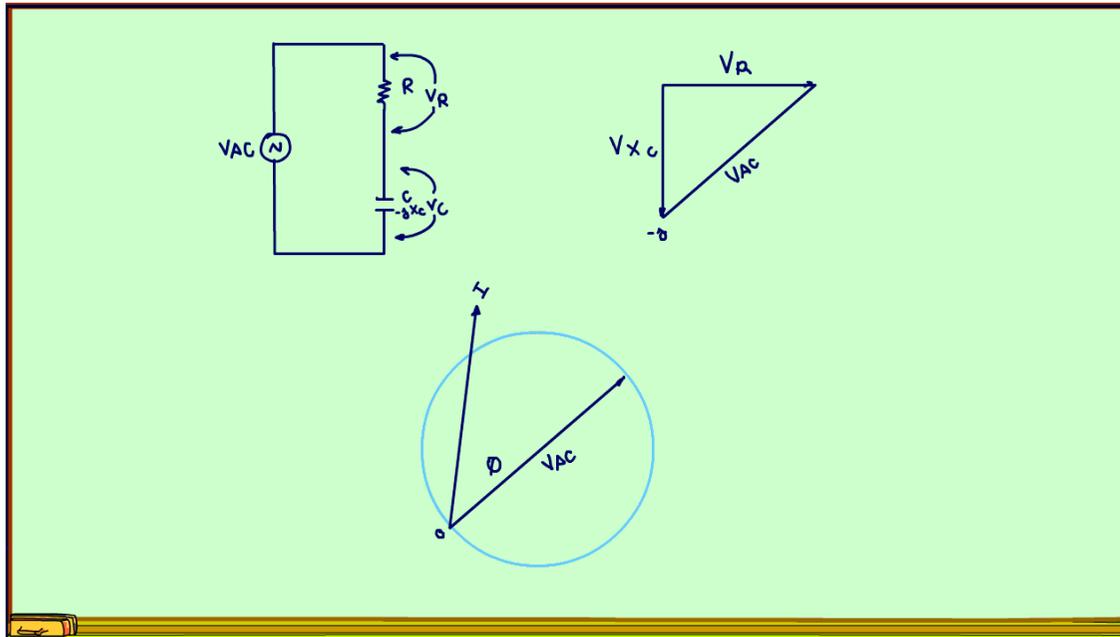
Ao ligar o capacitor no circuito do equivalente de Thevenin, teremos um simples circuito RC, onde a tensão de entrada é a tensão de Thevenin, essa desenhada no gráfico, essa vai ser a hipotenusa do triângulo das tensões vistas antes, falta determinar a tensão sobre o capacitor, esse vai ser o ponto zero que nos queremos, o neutro deslocado.

Mas aí que entra, o pulo do gato, se a reatância do capacitor for igual a resistência do equivalente de Thevenin, então a tensão do capacitor e da resistência de Thevenin serão iguais, o ângulo da corrente será 45 graus.

Como desenhar isso no gráfico?

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

27. DESENHANDO AS TENSÕES NO CIRCUITO RC



Aqui tem um truque de geometria fantástico, se você tiver a tensão V_{ac} num circuito RC, e souber o ângulo da corrente, você determina facilmente as tensões, só usando a geometria.

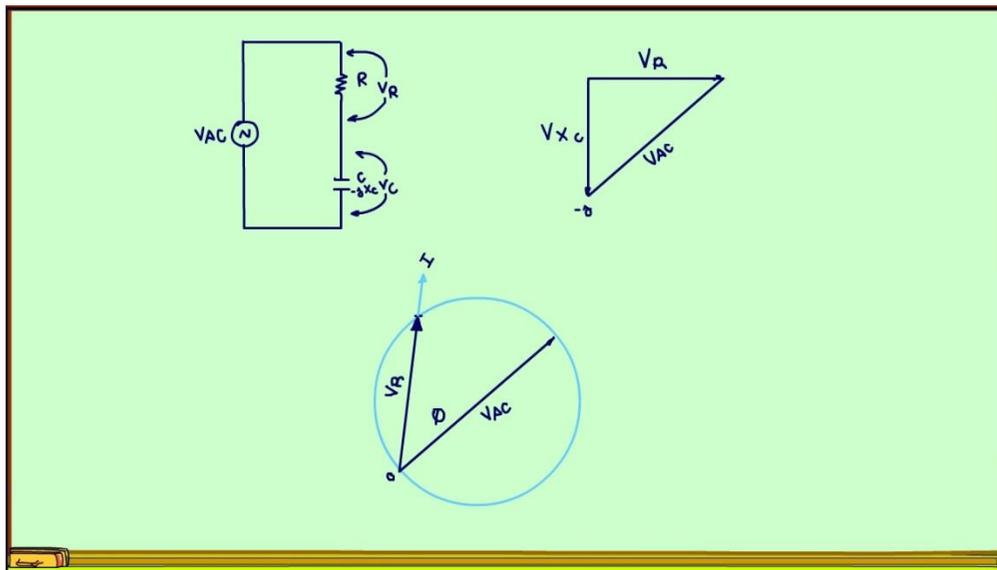
Basta traçar um semicírculo com o centro bem no meio da reta da tensão V_{AC} , vou chamar de semicírculo das tensões.

Depois desenhe o fasor da corrente com o ângulo conhecido, por exemplo 45 graus.

Se for um capacitor a corrente tem que estar adiantada, na frente da tensão.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

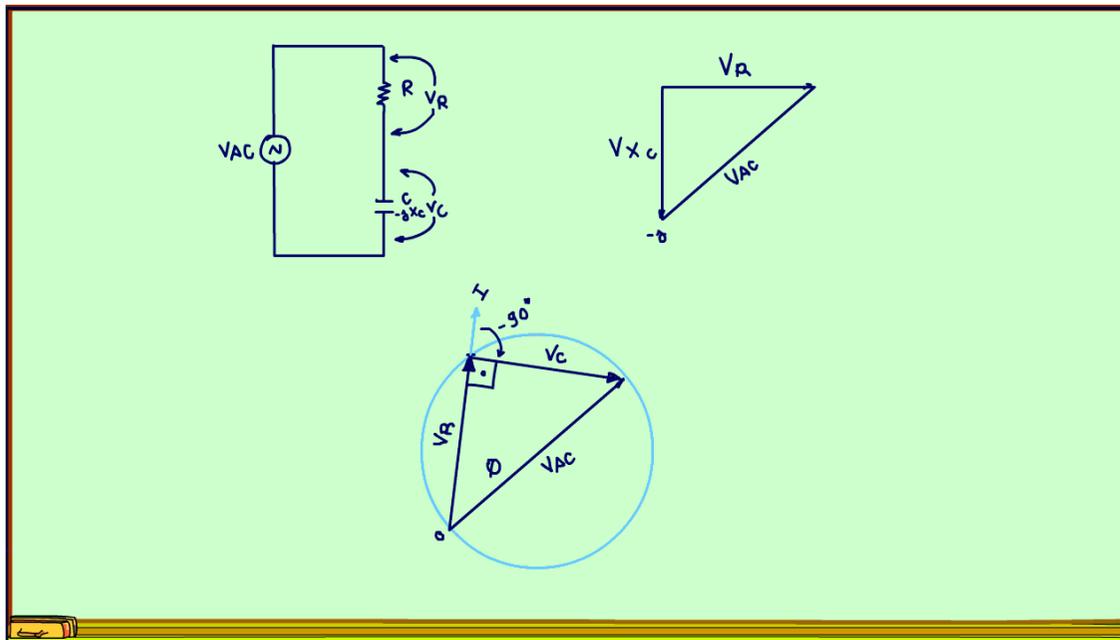
28. ACHANDO A TENSÃO DA RESISTÊNCIA.



A tensão sobre a resistência é a reta da origem até a intersecção do círculo, a tensão da resistência está em fase com a corrente.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

29. ACHANDO A TENSÃO SOBRE O CAPACITOR.



E, agora o milagre, ligando o ponto de interseção ao ponto do fasor da tensão de entrada, temos a tensão no capacitor, e pasmem, isso porque nesse desenho o ângulo formado pelas retas é exatamente 90 graus, não estou inventando, está em tudo que é livro de matemática, e observem mais, veja que a tensão no capacitor está exatamente atrasada de 90 graus em relação a corrente, exatamente o que diz a teoria, essa eletrônica nos surpreende a cada dia, é fantástica.

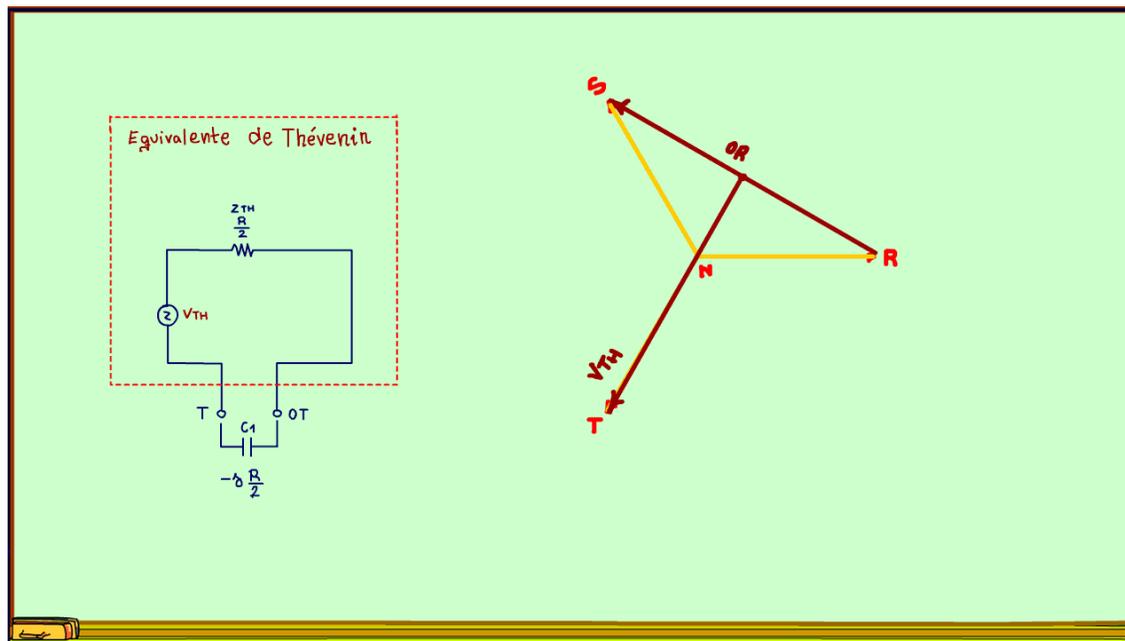
Se o ângulo da corrente for 45 graus o ponto vai estar bem no meio, as duas tensões serão exatamente iguais.

Marque nos comentários se você já conhecia esse

truque, se não conhecia acho que vale um like.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

30. DESENHADO A TENSÃO SOBRE O CAPACITOR.

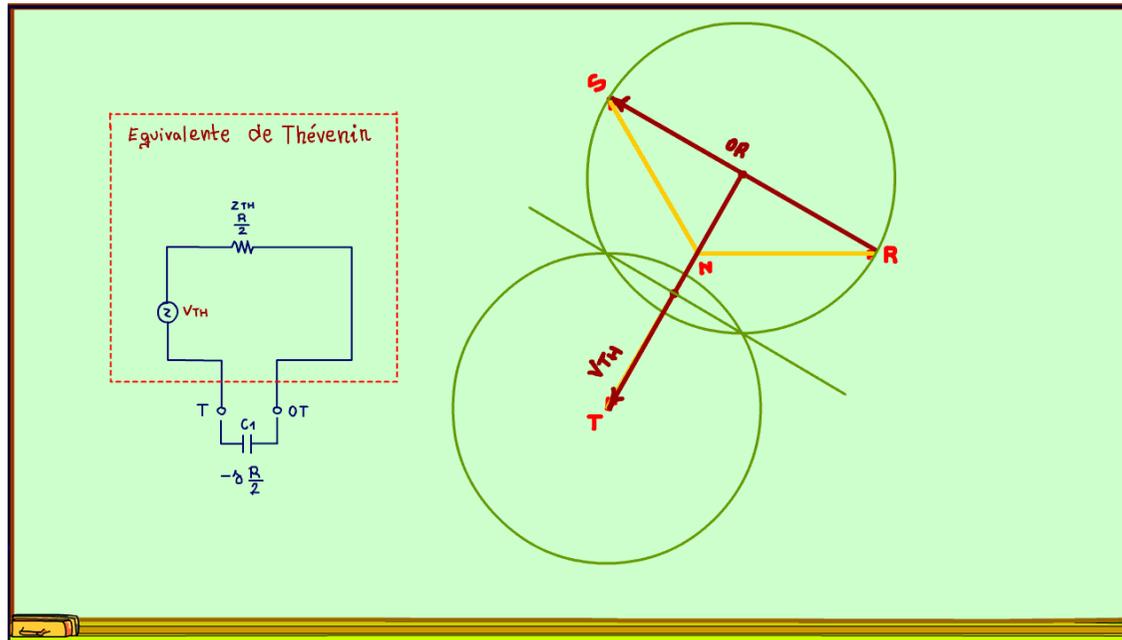


Agora fica fácil desenhar os fasores das tensões no capacitor e na resistência de Thevenin, eu quero mesmo é saber a tensão no capacitor, assim é possível determinar o ponto zero de Thévenin.

Como as duas tensões têm o mesmo valor, esse ponto vai estar bem no meio do semicírculo traçado sobre a tensão de Thevenin, simples assim.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

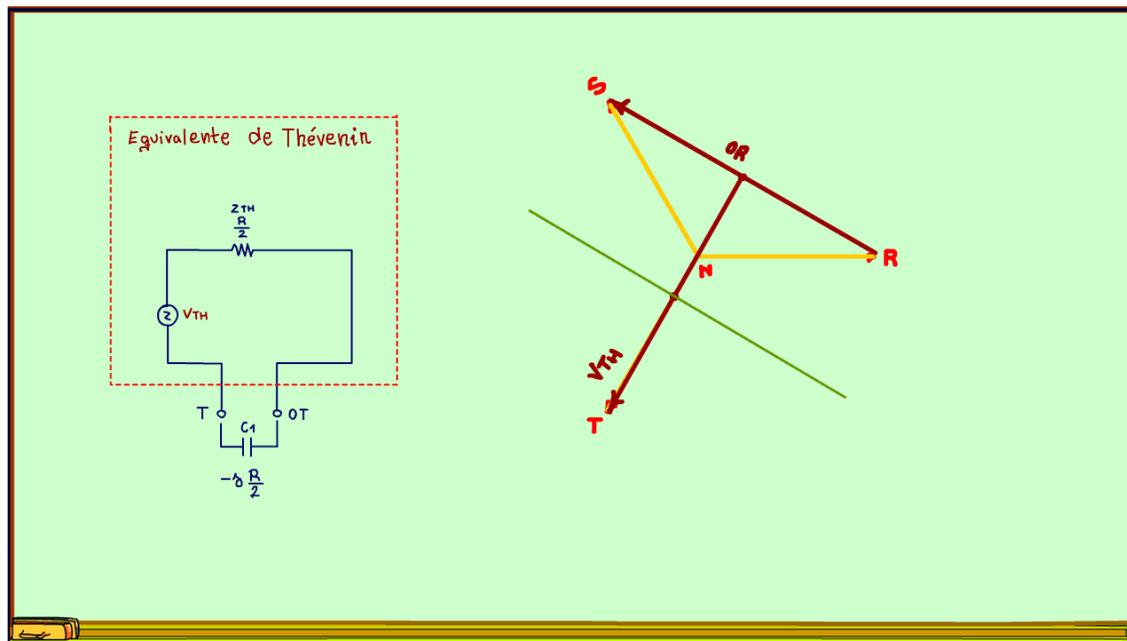
31. ACHANDO CENTRO DO SEMICÍRCULO



Então, vou traçar o semicírculo, para isso precisa achar o centro da tensão de Thévenin, o centro do semicírculo, vou usar a técnica de traçar um semicírculo de um lado, depois do outro lado outro igualzinho, traço a reta e pronto esse é o centro.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

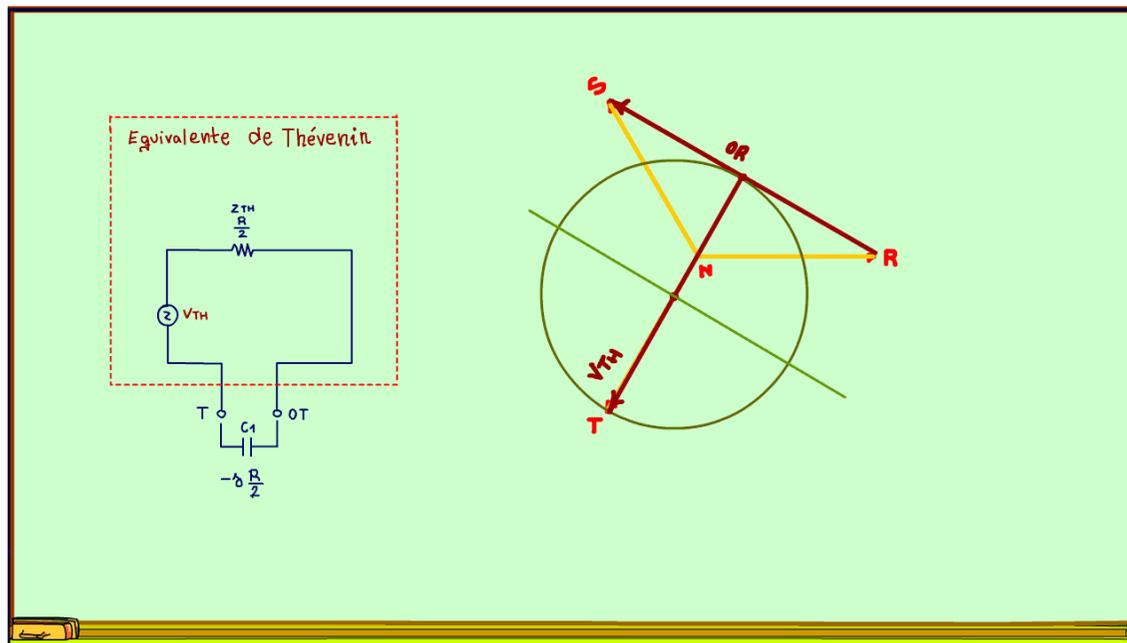
32.O CENTRO DO CÍRCULO.



Veja o centro do círculo.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

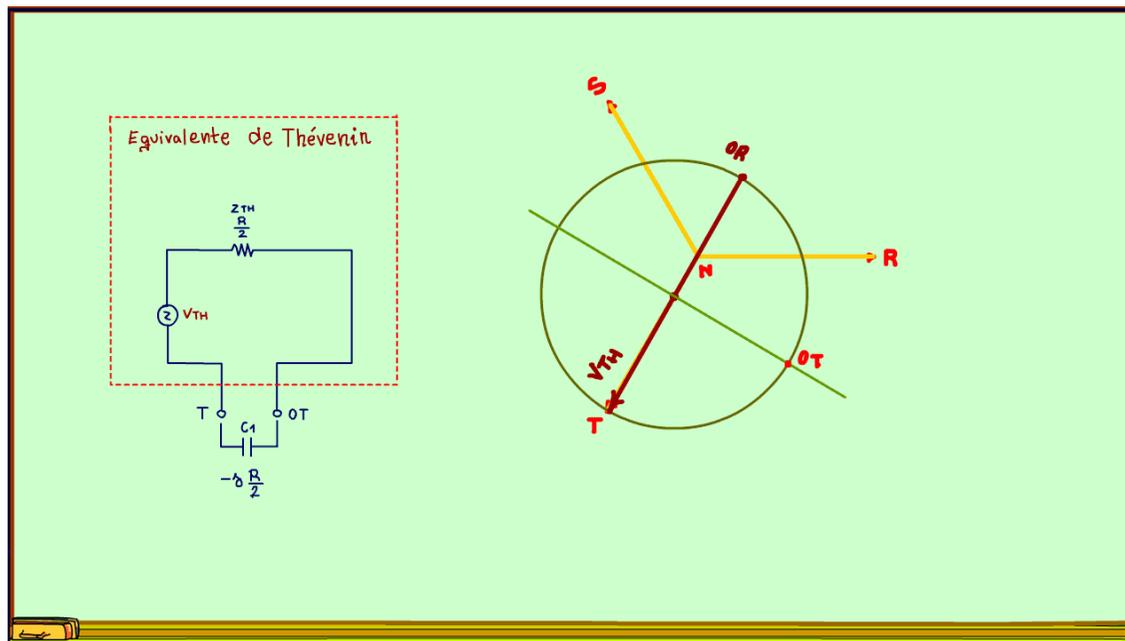
33. TRAÇANDO O CÍRCULO.



Agora faça um círculo usando um compasso.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

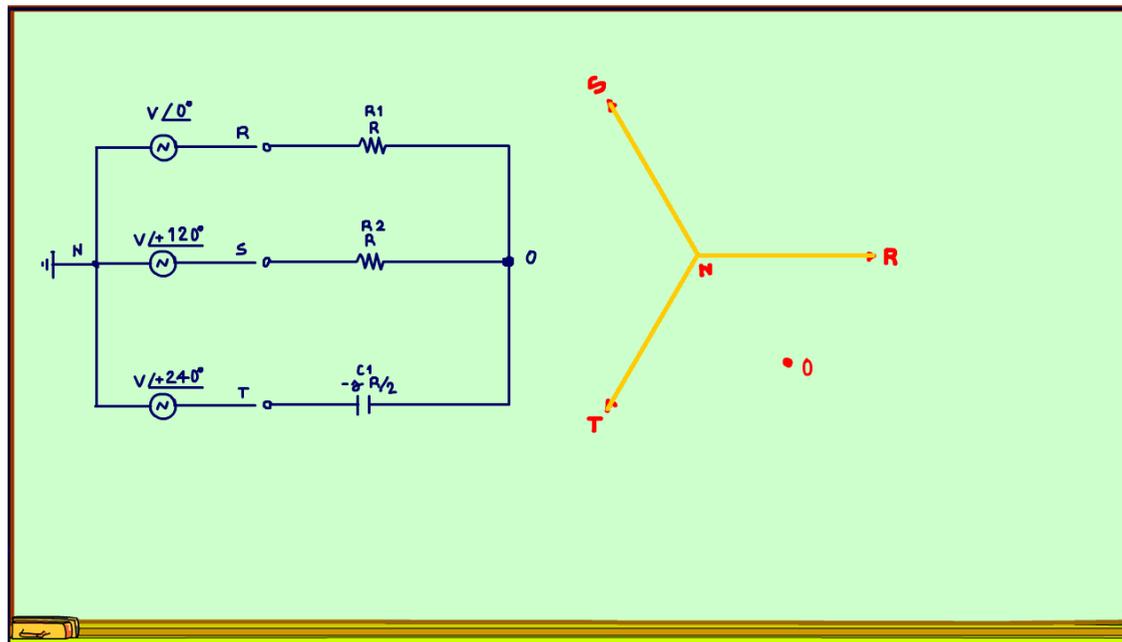
34. O PONTO DE INTERSECÇÃO



Como o valor da reatância do capacitor e da resistência de Thevenin são os mesmos, o ponto de intersecção das tensões está bem no centro do semicírculo, como vimos antes, esse ponto é onde passa a reta do centro,

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

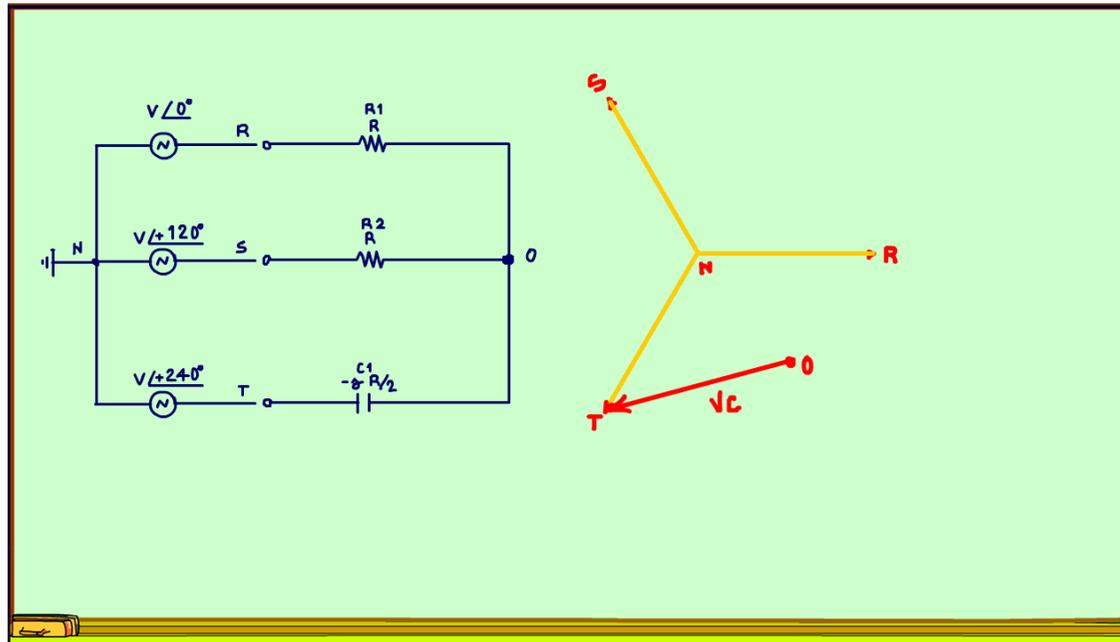
35. O PONTO ZERO DE THÉVENIN.



Pronto esse é ponto zero de Thévenin desse circuito, é esse ponto que estamos procurando, esse o ponto zero do circuito inicial, veja como ele se deslocou em relação ao neutro, é isso que acontece num circuito trifásico desequilibrado.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

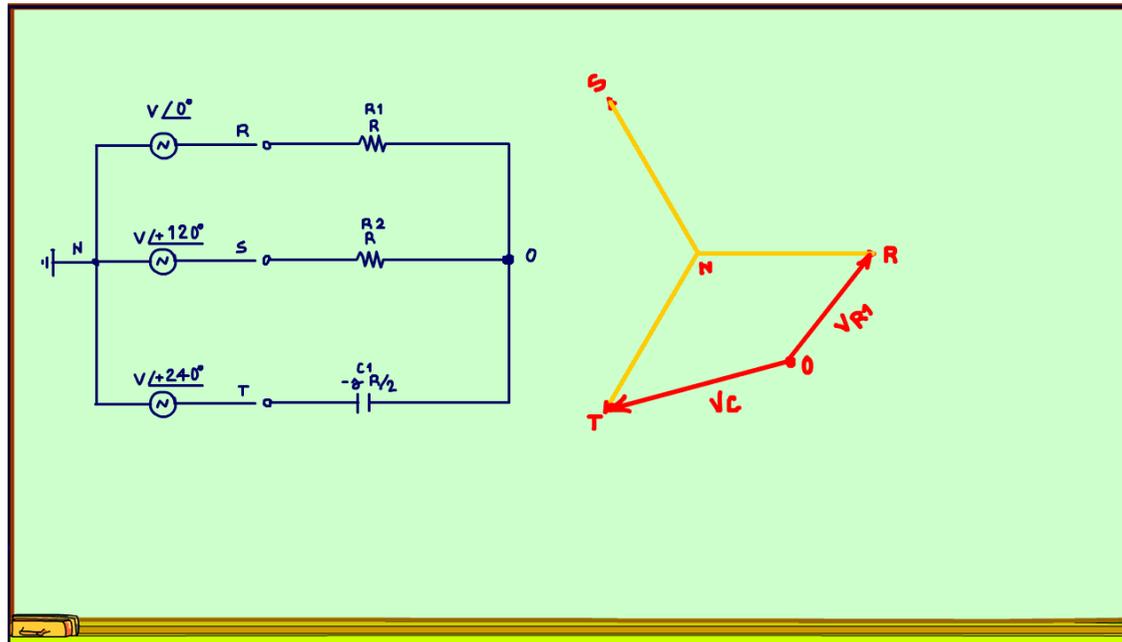
36.A TENSÃO NO CAPACITOR.



A tensão no capacitor é o fasor que vai do ponto zero de até a ponta do fasor da tensão da fase T, simples assim.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

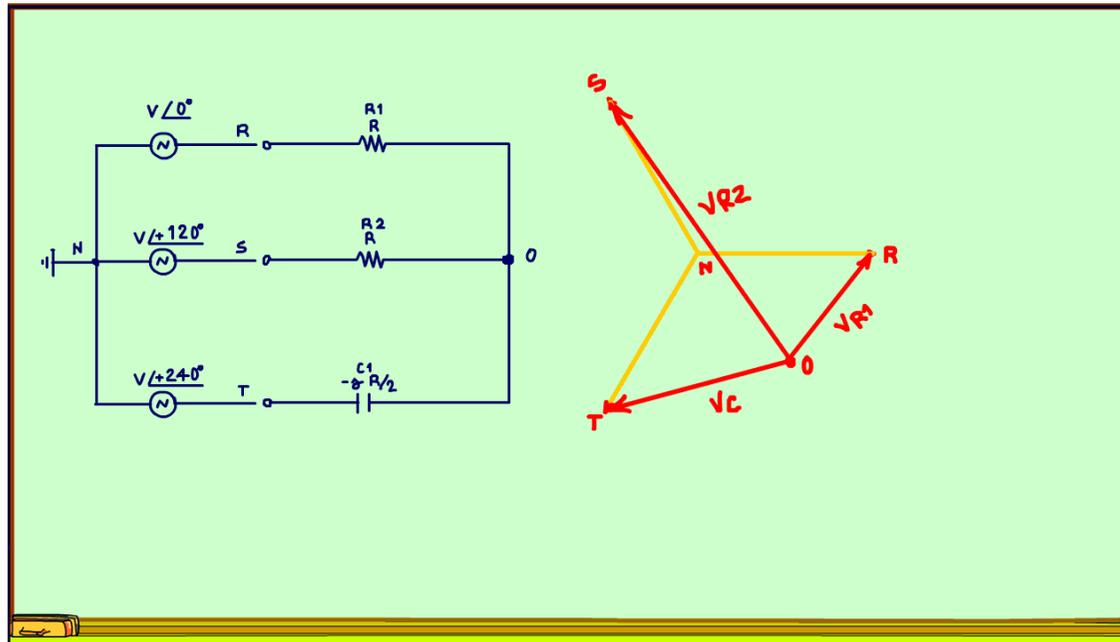
37.A TENSÃO NA RESISTÊNCIA R1.



A tensão na resistência R1 é o fasor do ponto zero até a ponta da fase R.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

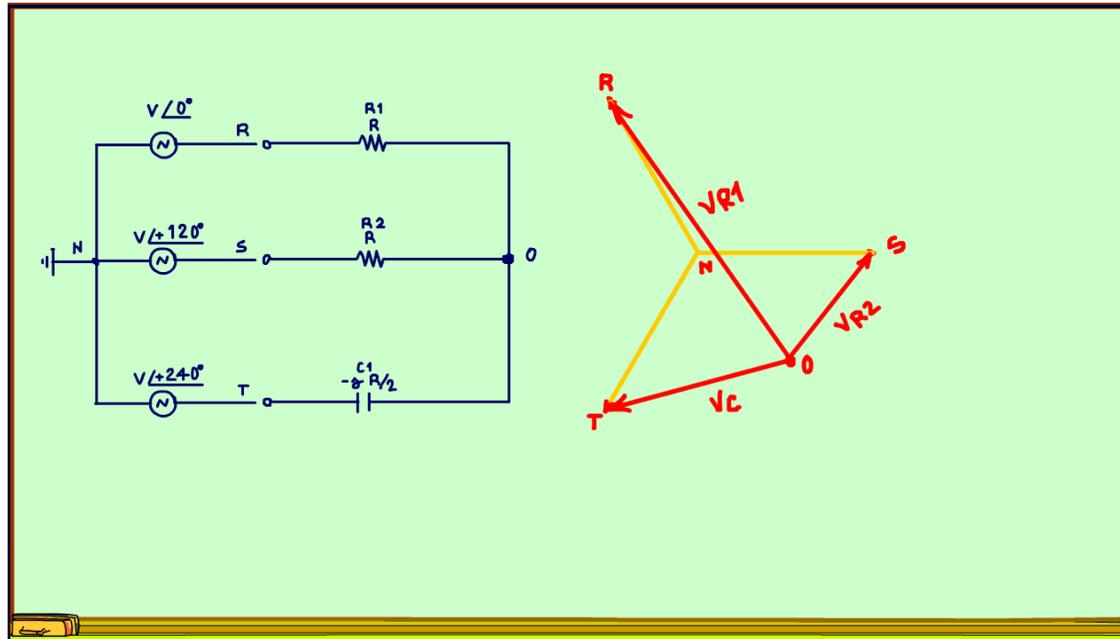
38.A TENSÃO SOBRE A RESISTÊNCIA R2.



A tensão na resistência R2 é o fasor do ponto zero até a ponta da fase s, note como essa tensão é muito maior do que a tensão sobre a resistência R1, então o LED ligado na fase S vai acender mais forte indicando o sentido anti-horário das fases, RST.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

39. INVERTENDO A FASE.



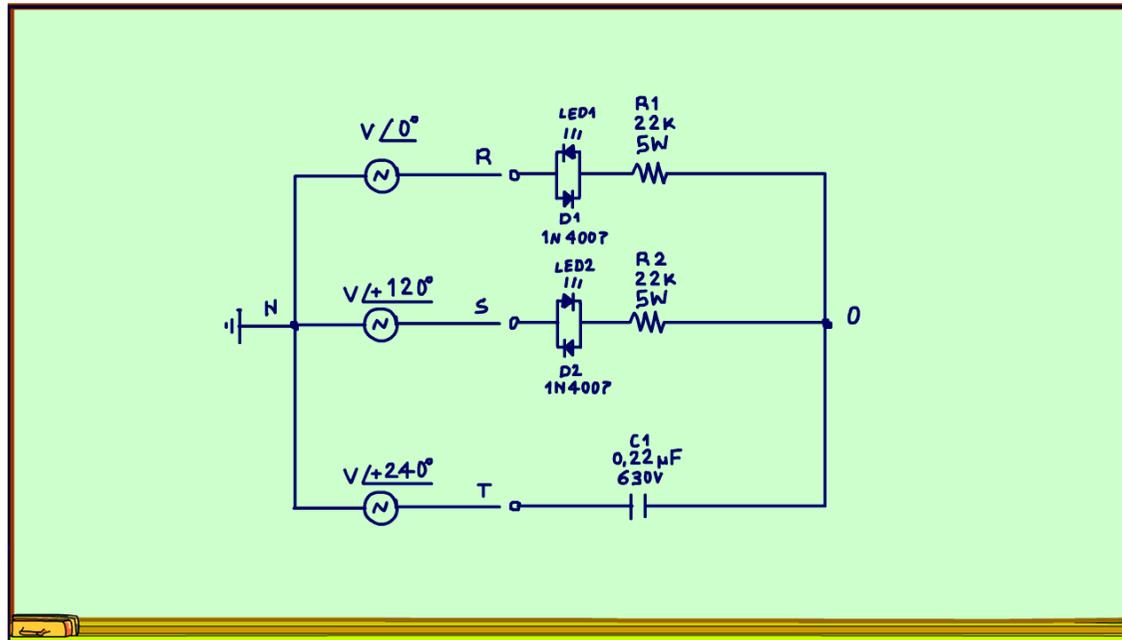
Se inverter as fases R e S, agora teremos a sequência RTS e agora é o LED da fase R que acende mais forte e pronto temos o nosso medidor de sequência de fase.

Que tal, resolvemos esse complexo circuito sem usar nenhum cálculo complexo, mas usando muita geometria.

E observe que para explicar não importa os valores exatos, o importante é que o valor da reatância do capacitor seja metade do valor das resistências e ponto final.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

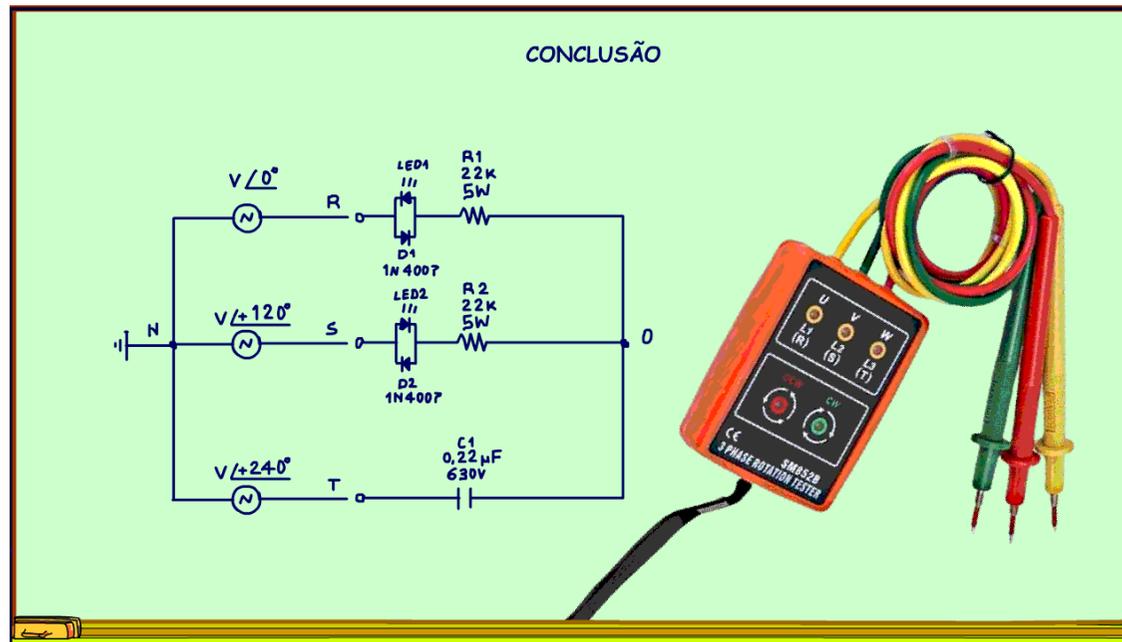
40. UM ÚLTIMO DETALHE.



Esse é o circuito final, mas cuidado, a resistência tem que ser de 5W e o capacitor de 630V.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

41. CONCLUSÃO.



Você viu nesse tutorial como fazer um medidor de sequência de fase muito simples e bem explicadinho, bom proveito.

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

42. 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!

INSCRIÇÃO YOUTUBE: <https://www.youtube.com/@professorbairros>

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

PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE

www.bairrospd.com

SOM: pop alegre Mysteries -30 (fonte YOUTUBE)

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

20230926 Como construí um medidor de sequência de fase bem explicadinho

Como construir um medidor de sequência de fase bem explicadinho.

Nesse tutorial eu vou mostrar como montar de forma simples um medidor de sequência de fase e mais vou analisar o circuito de forma mais simples ainda, mostrando como a análise pode ser simplificada usando vetores e as regras básicas de análise que você já conhece, tenho certeza que essa análise vai te surpreender.

Assuntos relacionados.

Quanta teoria eu preciso para trabalhar com eletrônica?: <https://youtu.be/-5T6T3sljDo>

SEO:

Circuito de um medidor de sequência de fase, medidor de sequência de fase, análise AC, circuito trifásico, circuito trifásico desequilibrado,

YOUTUBE:

<https://youtu.be/BahgsMcGUY4>