Лабораторная работа. Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного и индуктивного сопротивлений

***Цель работы:***Экспериментальное исследование характера изменения тока, мощности и падений напряжений на участках последовательной цепи, состоящей из активного и индуктивного сопротивлений, а также построение круговой диаграммы.

Общие теоретические сведения

Ток в катушке индуктивности отстает от напряжения на ней на угол 900.

Действующее значение тока, протекающего через катушку индуктивности связано с действующим значением напряжения на ней формулой, выражающей закон Ома для катушки индуктивности на переменном токе:

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-_e8240.png(3.1)

Величина https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-fZ6kCk.pngназывается индуктивным сопротивлением. При прохождении синусоидального тока по цепи, изображенной на рис. 3.1,а и 3.1,б, ток в любом сечении цепи один и тот же, а общее напряжение, согласно второму закону Кирхгофа, равно геометрической сумме падений напряжений на активном и индуктивном сопротивлениях:

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-rBGxub.png(3.2)

Действующее значение напряжения определяется:

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-n3brne.png(3.3)

Отсюда можно определить ток в цепи:

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-aeOe43.png (3.4)

Выражение https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-yvdVtd.pngназывается полным сопротивлением цепи. В такой цепи ток отстает по фазе от напряжения на угол

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-ZUPdfE.png (3.5)

Активная мощность в цепи рис. 3.1,а и 3.1,б определяется:

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-Gq3iF_.png(3.6)

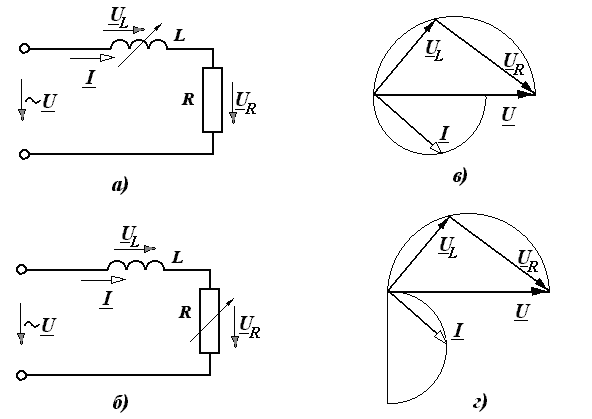


Рис.3.1. Принципиальные схемы (а, б) и векторные диаграммы (в, г) цепи RL.

Изменение активного и индуктивного сопротивлений по разному влияет на изменение активной мощности цепи. При постоянном значении индуктивности и увеличении *R* от нуля до бесконечности, активная мощность растет, достигает максимума и далее уменьшается. Чтобы найти значение *R*, при котором активная мощность максимальная, надо приравнять к нулю первую производную активной мощности по активному сопротивлению, т. е. положить https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-zicmIv.pngили

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-wC7Sd8.png. (3.7)

Из этого условия получим *R* = *XL .* При этом соотношении мощность в цепи максимальная.

При постоянном значении сопротивления *R* c увеличением *XL* от нуля до бесконечности активная мощность цепи монотонно уменьшается, стремясь к нулю.

При изменении *R*и неизменном*L*(или при изменении*L*и неизменном*R*) геометрическим местом концов вектора тока является полуокружность. Геометрическим местом концов векторов*UR*и*UL*также является полуокружность (рис.3.1,в и 3.1,г).

Рассмотрим подробнее построение круговой диаграммы для цепи RL. Учтем, что реальная катушка индуктивности обладает активным сопротивлением*r*и будем считать, что индуктивность катушки*L*, а, следовательно, и индуктивное сопротивление*XL=ωL*, также как и внутреннее сопротивление катушки*r*нам известны.

Для построения круговой диаграммы для случая *R*=*const*,*r=const,L*=*var*(*XL=var*) (рис. 3.2) задаемся масштабами по напряжению, току и сопротивлению:***m****U*;***m****l*;***m****Z*.

От точки 0 по оси ординат откладываем в принятом масштабе вектор напряжения https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-ypY2ml.png(отрезок ОЕ). Находим значение токаhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-sDiE5d.pngпри коротком замыкании на зажимах изменяющегося индуктивного сопротивления, т.е. при*XL*= 0

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-5SZ7ai.png(3.8)

Ток https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-6mKnCd.pngсовпадает по фазе с напряжениемhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-NajIXC.png. Из точки 0 откладываем в векторhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-NUxfNG.png(отрезок ОК =*IК*/***m****l*). Отрезок ОК является диаметром круговой диаграммы.

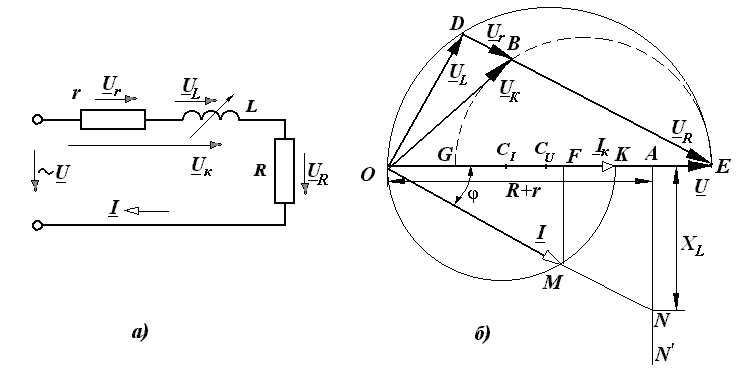


Рис.3.2. Электрическая цепь с последовательным включением элементов RL(а) и ее круговая диаграмма при R*=const, r=const* и *XL=var*(б).

В масштабе ***m****Z* откладываем по направлению вектораhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-YI1yfC.pngотрезок ОА =*R+r*/***m****Z*; и из точки А под углом 900к векторуhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-quCj35.pngпроводим линию АN’ изменяющегося параметра, т.е. линию индуктивного сопротивления. Разделив отрезок ОК пополам, находим центр окружности тока С1и проводим дугу окружности в сторону линии изменяющегося параметра. Разделив отрезок ОЕ пополам, находим центр *СU* окружности, по которой перемещаются векторы напряжений на индуктивности и активном сопротивлении. Чтобы определить электрические величины при заданном значении *XL*, надо отложить на прямой AN’ отрезок AN=*XL*/***m****Z*и точку N соединить с точкой О.

Тогда электрические величины определяются:

*I*=***m****lOM*;*P*=***m****рOF*;

*UL* = ***m****UOD*; *Q* = ***m****QMF*;

*UR+r* = ***m****UDE*; *S* = ***m****SOM*;

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-kGXQg0.png***m****р*=***m****Q*=***m****S*=***m****lU*.

Отметим одну особенность круговой диаграммы. Напряжения *UL*(отрезок OD)и *UR+r*(отрезок DE) реально измерить мы не можем. Вольтметры в схеме на рис.3.4 и 3.5 измеряют напряжение *UR* на резисторе Rи напряжение *Uк* на катушке индуктивности. Сопротивление *r* является внутренним сопротивлением катушки индуктивности. Напряжение на нем нельзя замерить. Измеряемое напряжение на катушке *Uк* (отрезок OB) является геометрической суммой двух напряженийhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-sFwmjj.pngиhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-6XKxQA.pngТочка B также перемещается по окружности. Диаметр этой окружности GE находится из соотношенияhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-qWFzek.png. Разделив отрезок GE пополам, найдем центр CU’ этой окружности. Измеряемые напряжения будут равны:

*UR=mU·BE, Uк=mU·OB*

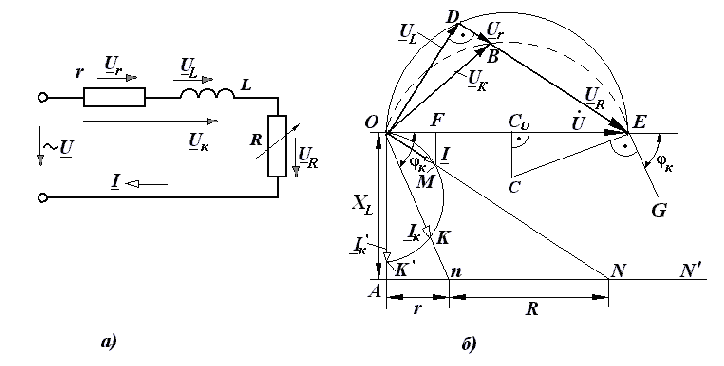


Рис.3.3. Электрическая цепь с последовательным включением элементов RL(а) и ее круговая диаграмма при *XL =const, r=const* и *R=var*(б).

На рис.3.3 приведена круговая диаграмма для случая, когда *XL=const, r=const*и *R=var*. Для построения круговой диаграммы в этом случае также задаемся масштабами по напряжению, току и сопротивлению:***m****U*;***m****l*;***m****Z*.

От точки 0 по оси абсцисс откладываем в принятом масштабе вектор напряжения https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-hGmqn8.png(отрезок ОЕ). Находим значение токаhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-8wRL1e.pngпри *R*= 0 и*r*=0.

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-_reasI.png(3.9)

Ток https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-yG2i60.pngотстает от напряженияhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-GFDg15.pngна 90о. Из точки 0 откладываем в масштабе векторhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-3PBzz8.png(отрезок ОК’=*I’К*/***m****l*). Отрезок ОК’ является диаметром круговой диаграммы тока.

В масштабе ***m****Z* откладываем по направлению вектораhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-m456IM.pngотрезок ОА =*xL*/***m****Z*; и из точки А под углом 900к векторуhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-lHatC6.pngпроводим линию АN’ изменяющегося параметра, т.е. линию активного сопротивления. По этой линии откладываем величину постоянного сопротивления *r*и переменного сопротивления *R*. Разделив отрезок ОК’ пополам, находим центр окружности тока и проводим дугу окружности в сторону линии изменяющегося параметра. Разделив отрезок ОЕ пополам, находим центр *СU* окружности, по которой перемещаются векторы напряжений на индуктивности и активном сопротивлении. Чтобы определить электрические величины при заданном значении *R*, надо отложить на прямой AN’ отрезок AN= (*R+r)*/***m****Z*и точку N соединить с точкой О.

Тогда электрические величины определяются:

*I*=***m****lOM*;*P*=***m****рOF*;

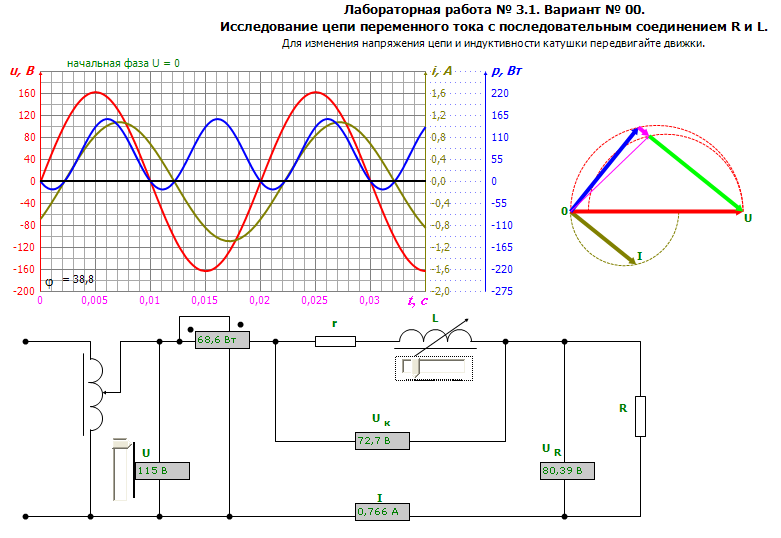
*UL* = ***m****UOD*; *Q* = ***m****QMF*; *S* = ***m****SOM*;

*Ur* = ***m****UDB*; *UR* = ***m****UBE*; *Uк* = ***m****UOB*;

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-aNLtKy.png***m****р*=***m****Q*=***m****S*=***m****lU*.

Измеряемое напряжение на катушке *Uк* (отрезо кOB) является геометрической суммой двух напряженийhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-EUkXNY.pngиhttps://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-s0EmLZ.png. Точка B также перемещается по окружности. Нахождение центра С этой окружности и радиус СE понятно из рис.3.3. Измеряемые напряжения как и в предыдущем случае будут равны:

*UR=mU·BE, Uк=mU·OB.*



+Рис.3.4. Вид активного окна лабораторной работы №3.1. Принципиальная схема, волновые и векторные диаграммы цепи RL при *R =const, r=const*и *L=var*(б).

Порядок выполнения работы

1. Исследовать схему, содержащую последовательно включенные элементы R и L. Напряжение на входе схемы автоматически поддерживается во время опыта постоянным.

2. Исследовать работу схемы (рис.3.4) при постоянном значении активного сопротивления *R*, изменяя величину индуктивности катушки от максимального значения до нуля.

Формулы для расчетов:

https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-OZ8x3I.png; https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-zVgFGT.png;https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-gDAR6i.png;https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-QJCPc0.png;

*r=R+r –R*; https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-58vCPA.png;https://studfile.net/html/2706/576/html_pvyQ7mevX2.AEtT/img-b9ruAT.png;

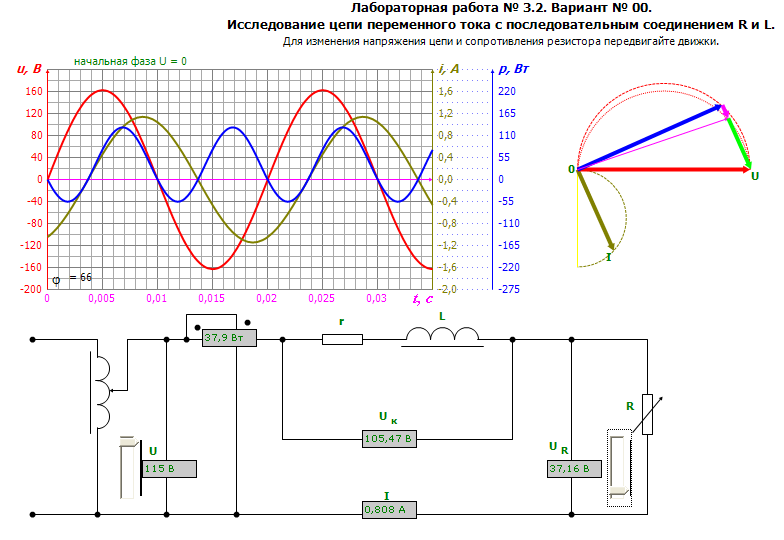


Рис.3.5. Вид активного окна лабораторной работы Принципиальная схема, волновые и векторные диаграммы цепи RL при *L =const, r=const*и *R=var*(б). Таблица 3.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Измерено | | | | | | Вычислено | | | | | |
| *I* | *U* | *Uк* | *UR* | *P* | *Z* | *R+r* | *Zк* | *R* | *r* | *XL* | *cosφ* |
| А | В | В | В | Вт | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | \_\_ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

3. Исследовать работу схемы (рис.3.5) при изменении активного сопротивления цепи от *R*= 0 до *R*=*max*; меняя ток через 0,1 А.

Таблица 3.2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Измерено | | | | | | Вычислено | | | | | |
| *I* | *U* | *Uк* | *UR* | *P* | *Z* | *R+r* | *Zк* | *R* | *r* | *XL* | *cosφ* |
| А | В | В | В | Вт | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | Ом | \_\_ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

4. Для первого пнкта построить векторные диаграммы напряжений и токов.

5. Построить в одних осях координат по данным п. 2 (табл.3.1) зависимости: *I*; *UR*; *Uк*; *P*; cos *ϕ* ; *Z* = *f* (*XL*) и в других осях координат по данным п. 3 (табл.3.2) зависимости: *I*; *UR*; *Uк*; *P* ; cos *ϕ* ; *Z* = *f* (*R*).

Вывод:

**Частоедов Л.А.** Электротехника: Учебное пособие. — М.: ФГБОУ ДПО «Учебно – методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. — 402 с.

**Задание должно быть выполнено до 23.12 и выслано на электронную почту** [**yana.makshanowa@yandex.ru**](mailto:yana.makshanowa@yandex.ru)

﻿Яна Макшанова приглашает вас на запланированную конференцию: Zoom.

Тема: Конференция. Организатор Макшанова Яна Евгеньевна

Время: Это регулярная конференция Начать в любое время

Подключиться к конференции Zoom

https://us04web.zoom.us/j/4306900057?pwd=Y1FBWkRwTzBiTmx4blhMMFNPQmV4Zz09

Идентификатор конференции: 430 690 0057

Код доступа: 1111111