МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра: «Электроэнергетики и электротехники»

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

по дисциплине “Теоретические основы электротехники”

на тему “Исследование трехфазных электрических цепей

в стационарном и переходном режимах”

Выполнил: студент гр.

23ЗМЭ31

Чалышев С.Д.

Проверил: к.т.н., профессор

Ашанин В.Н.

Пенза 2025

# Введение

Трехфазная цепь является частным случаем многофазных электрических систем, представляющих собой совокупность электрических цепей, в которых действуют ЭДС одинаковой частоты, сдвинутые по фазе относительно друг друга на определенный угол. Отметим, что обычно эти ЭДС, в первую очередь в силовой энергетике, синусоидальны. Однако, в современных электромеханических системах, где для управления исполнительными двигателями используются преобразователи частоты, система напряжений в общем случае является несинусоидальной. Каждую из частей многофазной системы, характеризующуюся одинаковым током, называют фазой**,**т.е. фаза – это участок цепи, относящийся к соответствующей обмотке генератора или трансформатора, линии и нагрузке.

Основные элементы трёхфазной цепи:

* трёхфазный генератор, преобразующий механическую энергию в электрическую;
* линии электропередач;
* приёмники (потребители), которые могут быть как трёхфазными (например, трёхфазные асинхронные двигатели), так и однофазными (лампы накаливания).

Каждая фаза трёхфазной цепи имеет стандартное наименование: первая фаза – фаза «А», вторая фаза – фаза «В», третья фаза – фаза «С».

Трехфазные системы в настоящее время получили наибольшее распространение. На трехфазном токе работают все крупные электростанции и потребители, что связано с рядом преимуществ трехфазных цепей перед однофазными, важнейшими из которых являются:

* экономичность передачи электроэнергии на большие расстояния;
* самым надежным и экономичным, удовлетворяющим требованиям промышленного электропривода является асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором;
* возможность получения с помощью неподвижных обмоток вращающегося магнитного поля, на чем основана работа синхронного и асинхронного двигателей, а также ряда других электротехнических устройств;
* уравновешенность симметричных трехфазных систем.

Целью настоящей курсовой работы является ознакомление студентов с различными режимами работы трехфазной цепи, обучение навыкам расчета трехфазных цепей, работающих в установившихся режимах, ознакомление со способами улучшения качества работы трехфазной сети и практическое применение методов анализа переходных процессов в электрических цепях с целью выявления возможных перенапряжений и перегрузок.

# Задание

**Вариант № 190**

**ИСХОДНЫЕ УСЛОВИЯ**

В трехфазную промышленную сеть с линейным напряжением*Uл=*380 В (50 Гц) включены два потребителя 1 и 2(рис. 1). Первый потребитель представляет собой резистивную несимметричную нагрузку, соединенную «звездой» с нулевым проводом, мощности фаз которой составляют *РА=*8,6 кВт; *РВ=*6,5 кВт; *РС=*10 кВт.

Второй потребитель является симметричной нагрузкой с общей активной мощностью *P2*=59 кВт и коэффициентом мощности *cosφ2*=0,53 активно-индуктивного характера. Фазы второй нагрузки соединены "треугольником". Для улучшения коэффициента мощности второго потребителя до *cosφ2K=*0,97 в сеть может быть включен компенсатор, обладающий потерями активной мощности *РК=*0,75 кВт.

Источник трехфазного напряжения представляет собой генератор, обмотка которого соединена "звездой" с нулевым проводом с внутренним фазным сопротивлением *R0* = 130·10-3 Ом и *Х0*= 35·10-2 Ом.

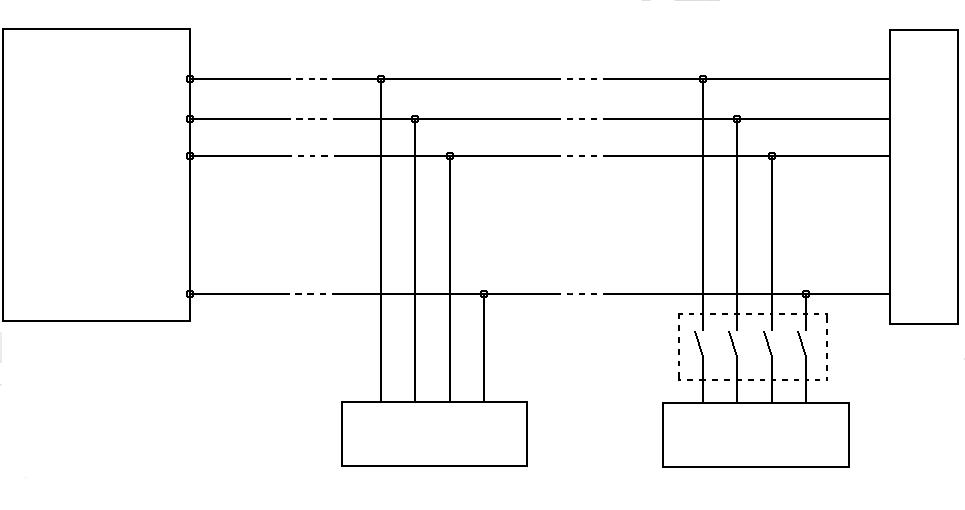


Рисунок 1. Структурная схема трехфазной сети.

Источник трехфазного напряжения

Потребитель 1

Потребитель 2

Компенсатор

А

С

О

В

К

# ЗАДАНИЕ

1. Рассчитать токи и напряжения на элементах при отключенном  
   компенсаторе, мощности потребителей и общую мощность всей сети.  
   Вычислить результирующий коэффициент мощности всей сети.

**Примечание.**При расчете трехфазной цепи рекомендуется принятьначальную фазу линейного напряжения UABравной 450. Сопротивление линейных проводов принять равными нулю.

1. По полученным результатам расчета построить векторные диаграммы токов и напряжений, потребителей и источника питания.
2. Начертить развернутую схему цепи с указанием эквивалентных  
   сопротивлений и индуктивностей в фазах приемников и источника.
3. Вычислить эквивалентные параметры компенсатора из условия  
   улучшения коэффициента мощности второго приемника до значения cos*φ2К*. В расчетах учесть мощность потерь в компенсаторе *РК*.
4. Рассчитать трехфазную сеть при включенном компенсаторе, т.е.  
   определить токи фаз компенсатора и линейные токи источника питающего два потребителя и компенсатор.
5. Построить векторные диаграммы токов и напряжений источника и  
   приемников при подключенном компенсаторе.
6. Вычислить результирующий коэффициент мощности всей трехфазной  
   сети работающей с компенсатором.
7. Вычислить ЭДС фазы *С* генератора из условия реальной нагрузки при  
   наличии внутреннего сопротивления генератора.
8. В фазе *С* трехфазной цепи определить закон изменения токов при  
   переходном процессе,при подключении компенсатора к источнику трехфазного напряжения.

**Примечание.** Под частным коротким замыканием подразумевается уменьшение эквивалентного резистивного сопротивления и индуктивности фазы приемника 2 в два раза.

1. Построить в масштабе временную диаграмму найденной величины.
2. Проанализировать расчеты и сделать выводы о режиме работы  
   цепи без компенсатора, о назначении компенсатора; о распределении  
   нагрузки и о переходных процессах в цепи.

**Примечания:**

1. Для расчета переходного процесса в одной из фаз цепи рекомендуется при необходимости заменить соединение приемника 2 эквивалентным соединением «звезда» с нулевым проводом.
2. Для упрощения анализа переходных процессов рекомендуется параллельную схему замещения фазной нагрузки компенсатора заменить эквивалентной последовательной*.*

**Содержание:**

Введение……………………………………………………………….……………..…2

Задание……………………………………………………………….……………..…..3

Для заданного варианта трехфазной сети………………………….….………..…....4

Содержание………………………………...............…………………….…….……….5

1. Расчет трехфазной сети без компенсатора реактивной мощности второго приемника.………………………………………............……………………………..6
2. Построение векторных диаграмм напряжений и токов источника и приемников.……………………..………………………………………...…...……...9
3. Определение схемы трехфазной сети с отключенным компенсатором*………………………………….……...* .9
4. Расчет параметров компенсатора*…………..…………………………………………….…..*10
5. Расчет трехфазной сети при улучшенном компенсатором коэффициенте мощности второго приемника……………………………….…………………......12
6. Построение векторных диаграмм при подключенном компенсаторе………………………………………………..………….....................13
7. Вычисление результирующего коэффициента мощности всей цепи с подключенным компенсатором..…………………………………………………....14
8. Вычисление фазной ЭДС генератора ..………………………….....................14
9. Расчет переходного процесса в трехфазной цепи ..15
10. Построение графика изменения мгновенного значения найденной величины во времени……………………………………………………………………….....…...20
11. Анализ результатов расчетов…………………… .23

Литература..………………………………………………………………........…….24

# 1.Расчет трехфазной сети без компенсатора реактивной мощности второго приемника.

*Расчет первого потребителя.*

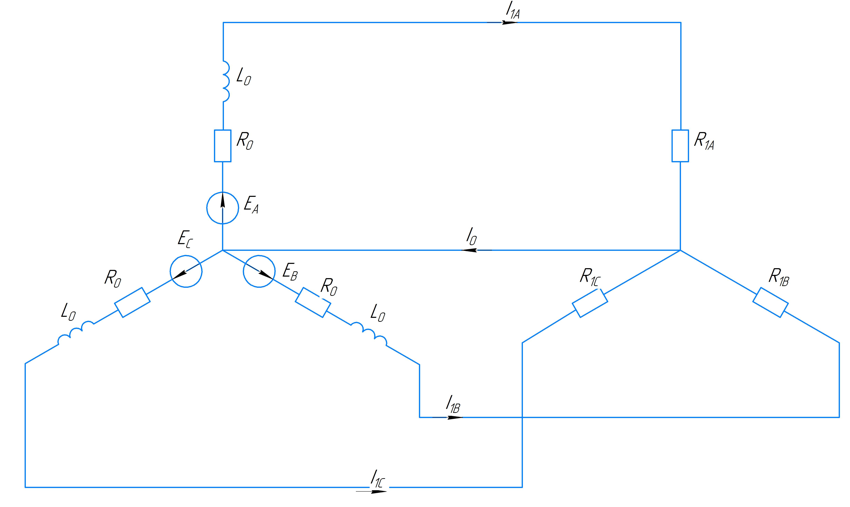
******

Рисунок 2. Принципиальная схема первого потребителя.

По известному линейному напряжению  можно найти фазные напряжения *U*A, *U*B, *UC*:

;

;

.

и линейные напряжения *U*BC, *U*CA:

;

.

Для 1 потребителя:

Т.к. нагрузка соединена «звездой», то линейные и фазные токи равны; т.к. нагрузка резистивная, то *φ*=0, cos*φ*=1, *φ*U=*φ*I, *Q*1=0, *S*1 = *P*1.

Для вычисления фазных токов 1 приемника необходимо использовать мощность соответствующих фаз:

А.

Аналогично вычисляются токи фаз *B* и *C* первого приемника:

А;

А.

Ток нулевого провода равен сумме линейных токов первого приемника:

 А.

Активная мощность первого приемника:

Вт.

*Расчет второго потребителя.*

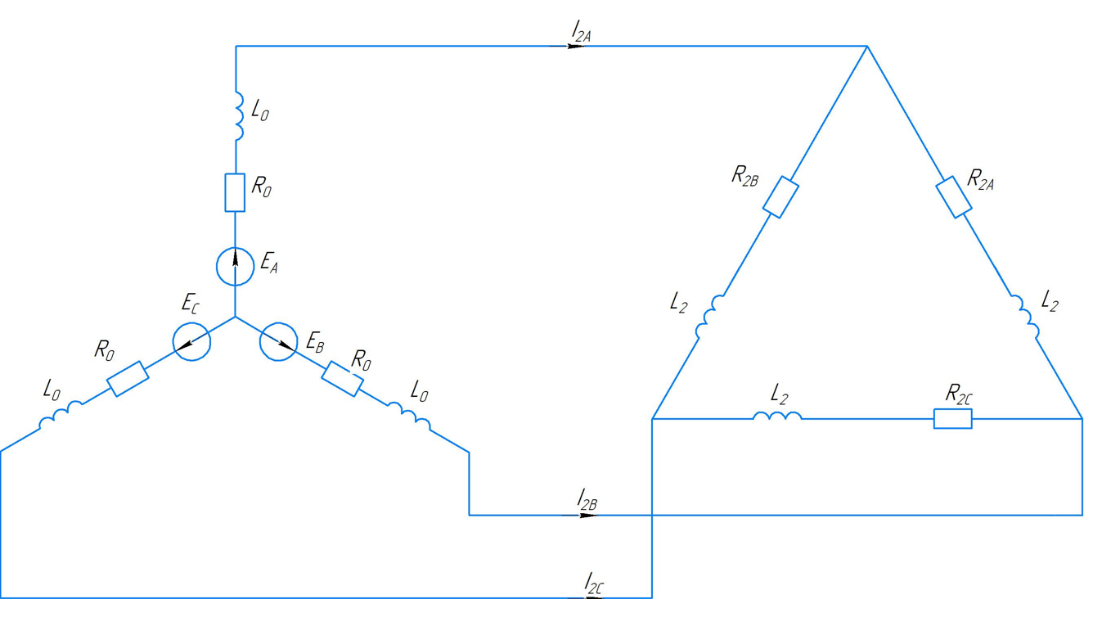


Рисунок 3. Принципиальная схема второго потребителя.

Второй приемник представляет собой симметричную нагрузку, поэтому действующие значения фазных токов могут быть найдены по известным полным мощностям каждой фазы, которые равны трети полной мощности 2 приемника:

ВА;

;

ВАр;

ВА;

А.

Т.к. нагрузка второго приемника симметрична, то фазные токи равны по модулю и сдвинуты на 120⁰:

А;

А.

линейные токи 2-го приемника:

А;



А;



А.

Линейные токи источника без компенсатора:

А;

 А;



 А.

Активная мощность сети без компенсатора:

Вт.

Реактивная мощность сети без компенсатора:

ВАр.

Полная мощность сети без компенсатора:

ВА.

Коэффициент мощности сети без компенсатора:

.

# 2.Построение векторных диаграмм напряжений и токов источника и приемников.

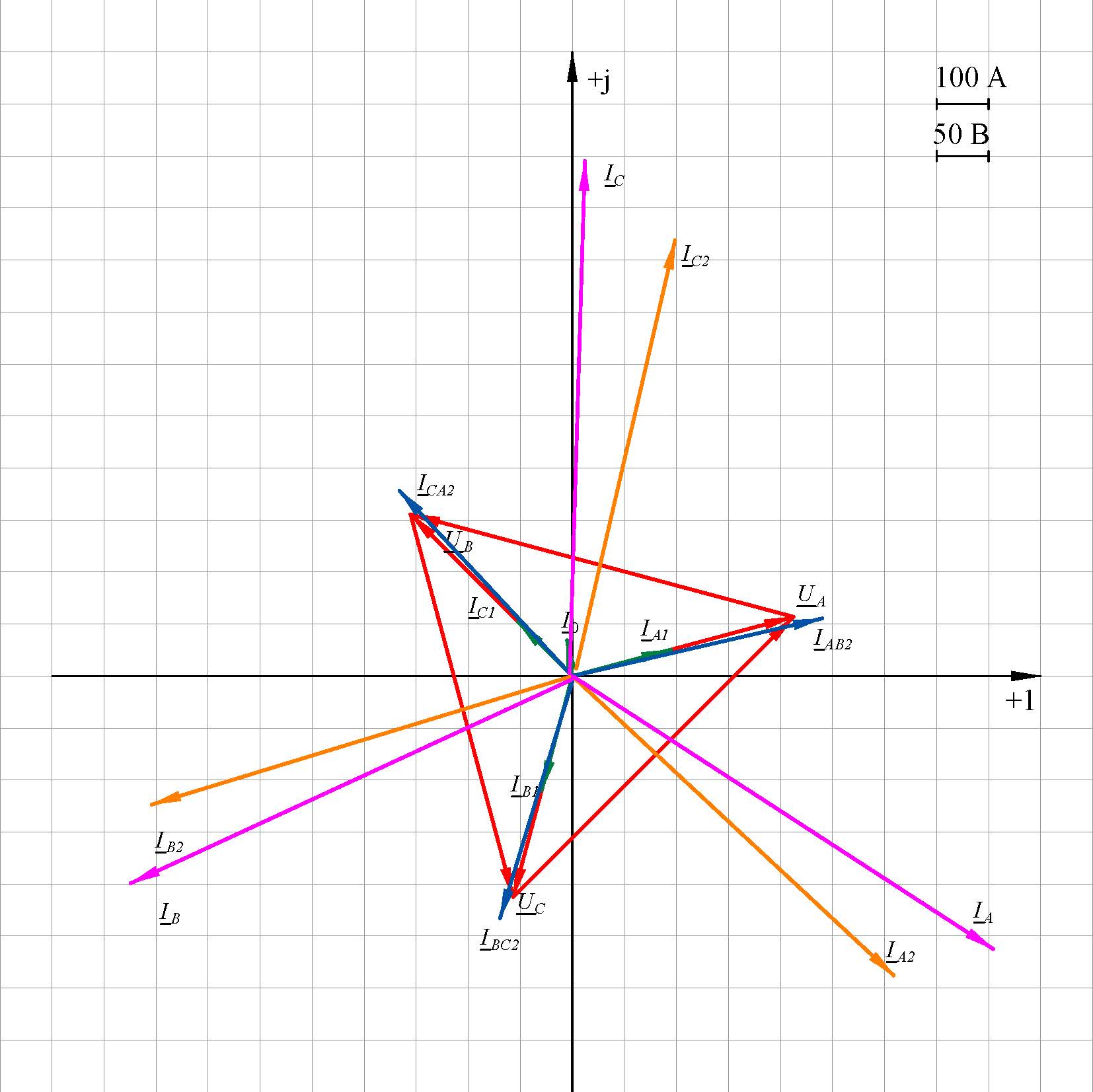
**

Рисунок 4. Суммарная векторная диаграмма токов и напряжений

*б) Векторная диаграмма для второго потребителя:*

# 3.Определение схемы трехфазной сети с отключенным компенсатором.

Для представления развернутой схемы трехфазной сети необходимо, прежде всего, вычислить величины фазных сопротивлений приемников. Внутренние сопротивления источника заданы.

Эквивалентная индуктивность источника:

 мГн.

Сопротивление эквивалентных резисторов фаз первого приемника определяются мощностью фазной нагрузки и фазным напряжением.

Сопротивление фазы первого приемника:

 Ом;

 Ом;

 Ом.

Активные и реактивные сопротивления фаз второго приемника, равны т.к. нагрузка симметричная

 Ом;

 Ом.

Эквивалентная индуктивность фазы второго приемника:

 мГн.

Развернутая схема сети с указанием эквивалентных сопротивлений и индуктивностей в фазах приемников и источника

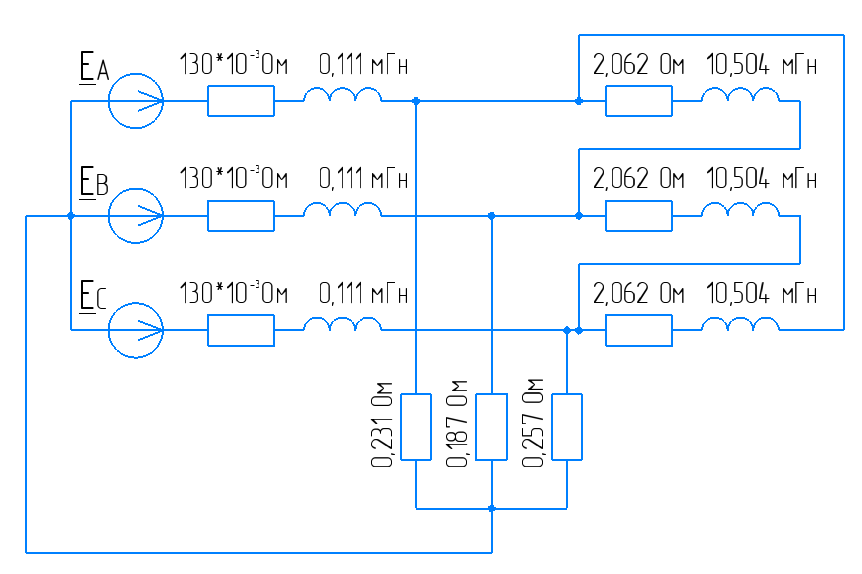


Рисунок 5. Принципиальная электрическая схема

трехфазной сети с отключенным компенсатором.

# 4.Расчет параметров компенсатора.

Для улучшения эффективности работы источника и устройств передачи электроэнергии к величине коэффициента мощности предъявляются жесткие требования. Ранее уже говорилось о том, что в реальных условиях работы предприятий cos  самого предприятия в целом, как правило, ниже допустимого значения. Для улучшения такого важного показателя как коэффициент мощности потребители используют устройства компенсации реактивной мощности. Эту роль могут выполнять электромашинные компенсаторы или устройства, базирующиеся на использовании батарей конденсаторов большой емкости. Сами компенсаторы могут иметь внутренние дополнительные потери мощности, но положительный результат от их использования подтверждается практикой.

В задании требуется подобрать параметры компенсатора таким образом, чтобы результирующий коэффициент мощности второго приемника при включенном компенсаторе составлял 0,97.

После подключения компенсатора мощность второго приемника будет составлять:

Вт.

Реактивная мощность

.

Полная мощность

;

.

Зная реактивную мощность второго приемника определим реактивную мощность компенсатора, при которой достигается требуемый коэффициент мощности:

Вар.

Полная мощность компенсатора:

ВА.

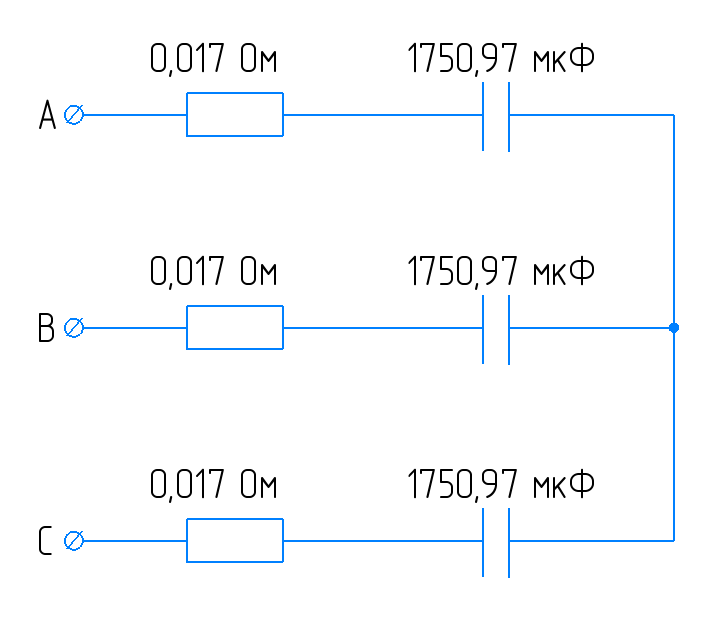


Рисунок 6. Эквивалентная схема компенсатора реактивной мощности.

# 5.Расчет трехфазной сети при улучшенном компенсатором коэффициенте мощности второго приемника.

Определим фазные токи компенсатора:

А.

Так как компенсатор представляет собой симметричную нагрузку, соединенную «звездой», то фазные токи равны по модулю и сдвинуты на 120⁰:

А;

 А.

Линейные токи источника при подключенном компенсаторе:

А;

 А;

 А.

Эквивалентные параметры компенсатора:

 Ом;

 Ом.

Эквивалентная индуктивность фазы компенсатора:

 мкФ.

# 6.Построение векторных диаграмм при подключенном компенсаторе.

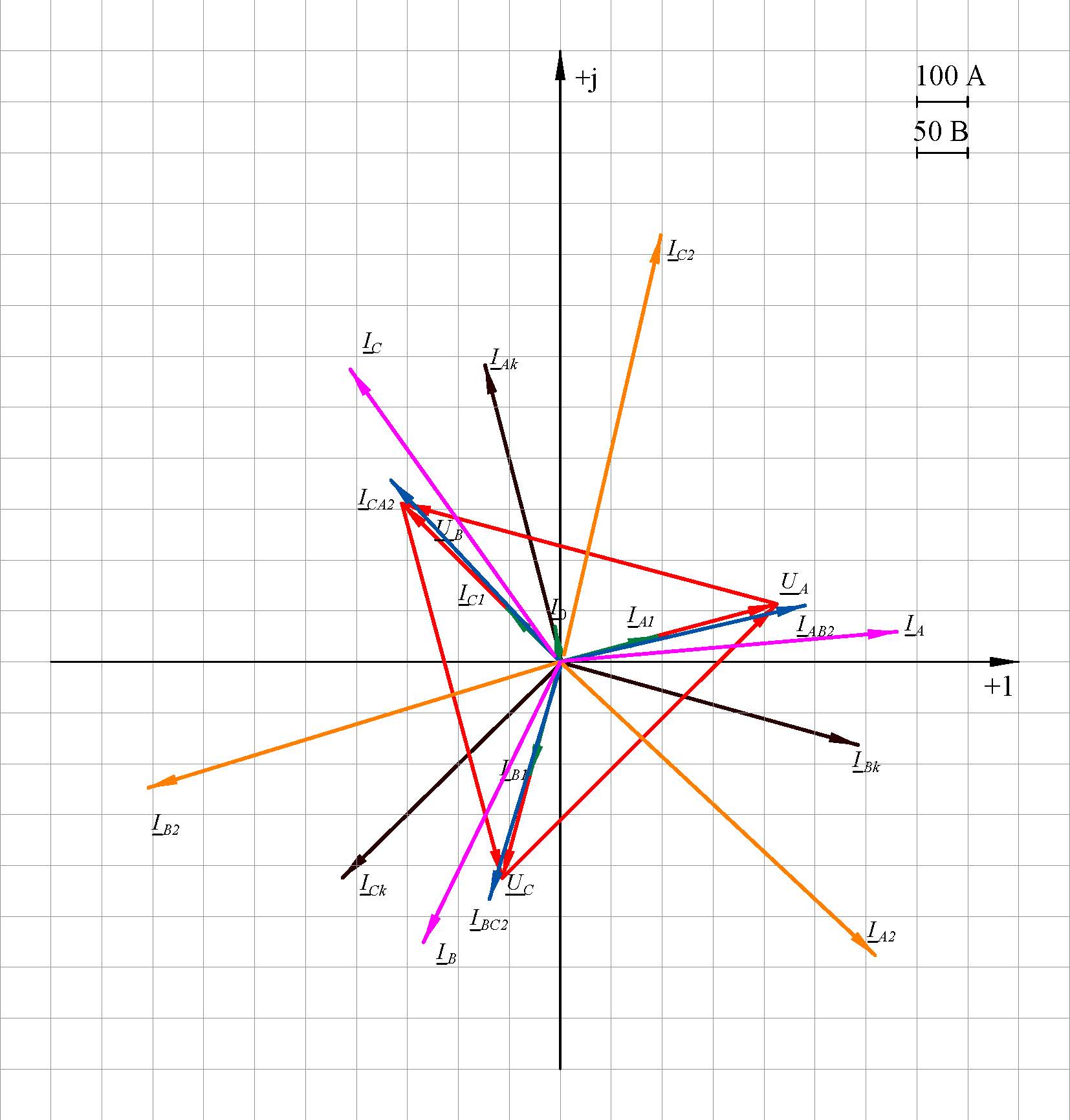
**

Рисунок 7. Суммарная векторная диаграмма токов и напряжений первого потребителя и второго с подключенным компенсатором.

# 7.Вычисление результирующего коэффициента мощности всей цепи с подключенным компенсатором.

Активная мощность сети при подключенном компенсаторе:

Вт.

Реактивная мощность сети подключенном компенсаторе:

кВАр.

Полная мощность сети подключенном компенсаторе:

ВА.

Коэффициент мощности сети подключенном компенсаторе:

.

# 8.Вычисление фазной ЭДС генератора.

В реальных условиях величина фазной ЭДС генератора больше соответствующего фазного напряжения сети. Это объясняется не только тем, что обмотки генератора имеют конечное омическое сопротивление или реактивное сопротивление, обусловленное потоком рассеивания, но и наличием явления называемого размагничивающим действием реакции якоря, смысл которого объясняется в теории синхронных генераторов.

В настоящей курсовой работе полное внутреннее сопротивление одной фазы генератора задано в форме активного сопротивления *R*0 и реактивного сопротивления *X*0.

Полное внутреннее сопротивление фазы генератора:

Ом.

В соответствии со вторым законом Кирхгофа:

.

Используя ранее полученные комплексные действующие значения токов можно вычислить ЭДС фазы *С*.



В.

Полученные величина ЭДС фазы *С* будет использоваться при рассмотрении переходных процессов в трехфазной цепи.

**9.Расчет переходного процесса в трехфазной цепи.**

# 10.Построение графика изменения мгновенного значения найденной величины во времени.

# 11.Анализ результатов расчетов.

Электрические машины потребителей часто работают в недогруженном режиме, при котором коэффициент мощности достаточно низок (в курсовой работе – потребитель 2).

Это снижает эффективность работы электростанций и линий передачи электрической энергии. Для улучшения коэффициента мощности на практике используются как автоматические системы, так и электромашинные компенсаторы реактивного тока или реактивной мощности. Такие устройства устанавливаются в местах ввода фидеров электропитания на предприятия, что позволяет контролировать коэффициент мощности перед компенсатором и после него.

Результат действия компенсатора можно увидеть, сравнив векторные диаграммы токов и напряжений с компенсатором и без него. Из этих векторных диаграмм видно, что при подключенном компенсаторе фазовый сдвиг между напряжением и током меньше, чем без компенсатора, т.е. реактивная составляющая тока уменьшилась, а значит, уменьшилась и реактивная мощность источника. Т.к. уменьшается реактивная мощность, то уменьшается и полная мощность, которая определяет токи источника. Из расчетов видно, что при подключении компенсатора значения токов источника уменьшаются.

При эксплуатации сетей и систем электроснабжения нередки случаи подключения и отключения от промышленной сети мощных потребителей. Не удается избежать и аварийных режимов работы сети, в частности, связанных с появлением неисправностей в электромашинных установках, вызванных короткими замыканиями в обмотках. Это приводит к переходу работы электрической сети из одного в другой устойчивый энергетический режим.

Переходный процесс может привести к перенапряжениям и перегрузкам по току. Это может привести к выводу из строя дорогостоящего оборудования.

В курсовой работе рассматривается переходной процесс при подключении компенсатора к сети трехфазного напряжения. Из временных диаграмм видно, что в результате подключения компенсатора к сети трехфазного напряжения в фазе *С* в первые 0,01 сек. наблюдаются резкие скачки тока источника. Переходной процесс длится около 0,07 сек.

# Литература

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. - М.: Высш. школа,1978-528 с.
2. Атабеков Г.И. Теоретические основы электротехники. - М.: Энергия, 1975.
3. Шебес М.Р., Каблукова М.В. Задачник по теории линейных электрических цепей: Учеб. пособ. для электротехнич., радиотехнич. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1990.-544 с.: ил.
4. Методические указания по выполнению курсовой работы.