

Задание для студентов гр. 5.1

Дисциплин ОКЖД

Преподаватель Сокол В.В.

Задание:

Составить конспект по теме: «Схема электроснабжения»

Отчет о выполненной работе прислать на эл. почту: viktorya.sokol1337@gmail.com

Схема электроснабжения

Принципиальная схема электроснабжения электрифицированной железной дороги

Система электроснабжения электрифицированной железнодорожной дороги состоит:

из внешней части системы электроснабжения, включающей в себя устройства выработки, распределения и передачи электрической энергии до тяговых подстанций (исключительно);

тяговой части системы электроснабжения, состоящей из тяговых подстанций линейных устройств и тяговой сети.

Тяговая сеть, в свою очередь, состоит из контактной сети, рельсового пути, питающих и отсасывающих линий (фидеров), а также других проводов и устройств, присоединяемых по длине линии и контактной подвески непосредственно или через специальные автотрансформаторы.

Основным потребителем электрической энергии в тяговой сети является локомотив. Кроме тяговых двигателей, приводящих в движение поезд, на локомотивах имеются вспомогательные машины, выполняющие различные функции. Производительность этих машин также связана с уровнем напряжения на их зажимах. Принципиальная схема электроснабжения электрифицированной железной дороги показана на рис.

1.3.

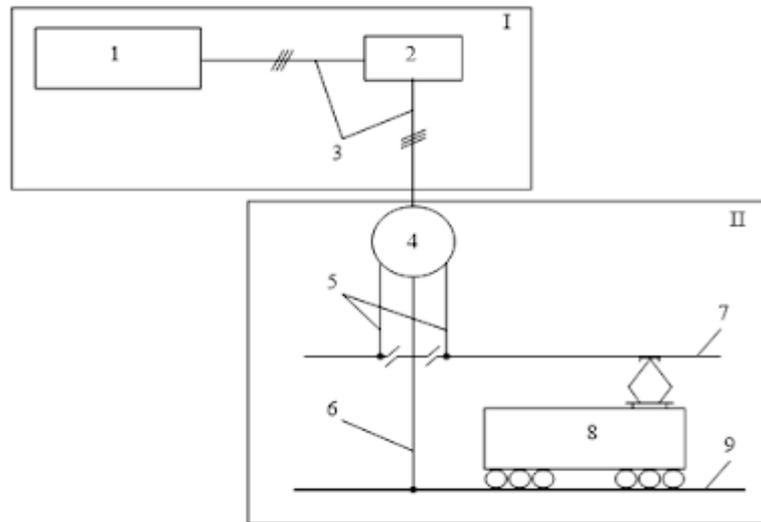


Рис. 1.3. Принципиальная схема электроснабжения электрифицированной железной дороги: 1 – районная электрическая станция; 2 – повышающая трансформаторная подстанция; 3 – трехфазная линия электропередачи; 4 – тяговая подстанция; 5 – питающая линия (фидер); 6 – отсасывающая линия (фидер); 7 – контактная сеть; 8 – электрический локомотив; 9 – рельсы

Внешняя система электроснабжения (I) включает в себя электрическую станцию 1, трансформаторную подстанцию 2, линию электропередачи 3. Тяговая система электроснабжения (II) содержит тяговую подстанцию 4, питающие фидеры 5, отсасывающий фидер 6, контактную сеть 7 и тяговый рельс 9 (см. рис. 1.3), а также линейные устройства.

Электроснабжение железных дорог осуществляется по линиям 35, 110, 220 кВ, 50 Гц. Система тягового электроснабжения может быть как постоянного, так и переменного тока.

Схемы питания электрифицированных железных дорог от энергосистемы весьма разнообразны. Они в большей мере зависят от применяемой системы электрической тяги, а также от конфигурации самой энергосистемы.

Обычно линия электропередачи частотой 50 Гц получает питание от энергосистемы и расположена вдоль железной дороги.

Под напряжением системы электрической тяги понимают номинальное напряжение, на которое изготавливается электроподвижной состав (ЭПС). Оно же является номинальным напряжением в контактной сети, напряжение на шинах подстанции обычно принимают на 10 % выше этого значения.

На рис. 1.7 обозначено: 1 – энергосистема; 2 – линия электропередачи; 3 – тяговые подстанции (с выпрямителями подстанции постоянного тока и трансформаторные – переменного); 4 – контактная сеть; 5 – рельсы; 6 – электровоз.

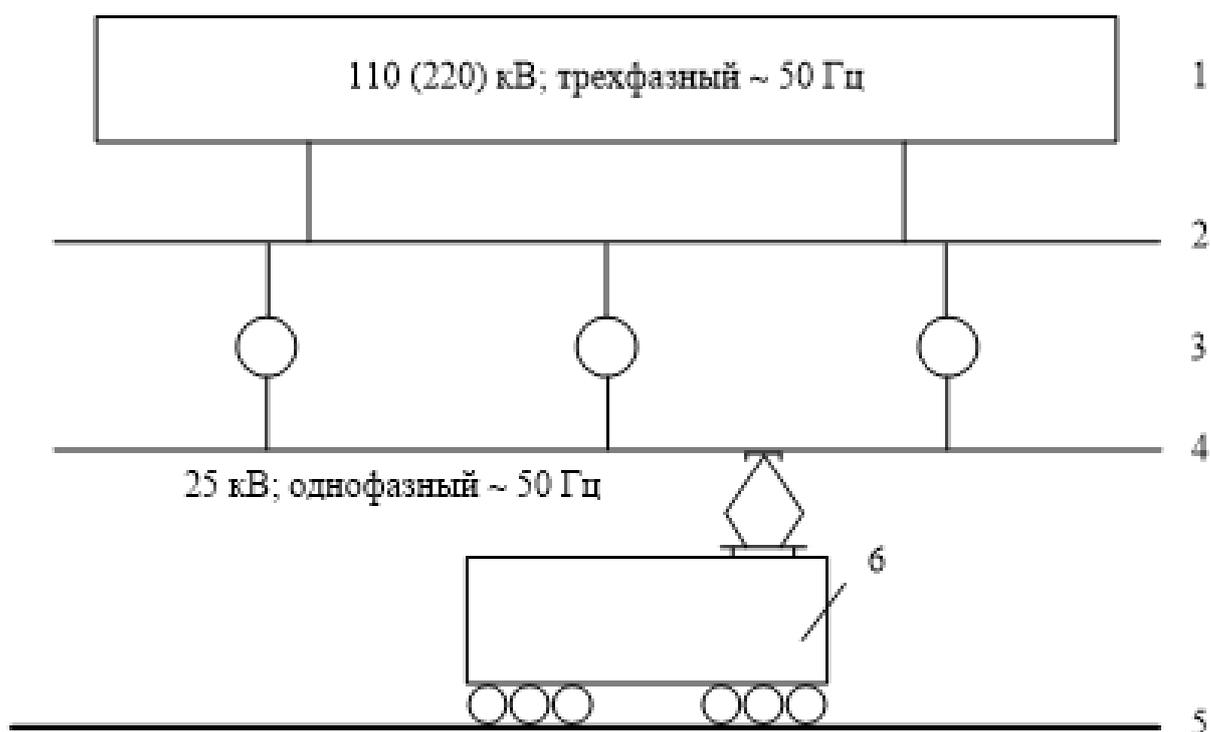


Рис. 1.7. Принципиальная схема питания железной дороги переменного тока

Электрифицированные железные дороги относятся к потребителям первой категории. Для таких потребителей предусмотрено питание от двух независимых источников электроэнергии. Таковыми считаются отдельные районные подстанции, разные секции шин одной и той же подстанции – районной или тяговой. Поэтому схема питания тяговых подстанций от энергосистемы должна быть такой, чтобы выход из работы одной из районных подстанций или линии передачи не мог бы быть причиной выхода из строя более одной тяговой подстанции. Достичь этого можно путем выбора рациональной схемы питания тяговых подстанций от энергосистемы.

На железных дорогах России распространение получили система электроснабжения постоянного тока с напряжением в контактной сети 3 кВ и система электроснабжения переменного тока с напряжением в контактной сети 25 кВ и 2×25 кВ, частотой 50 Гц.

2. Система тягового электроснабжения постоянного тока напряжением 3 кВ

Схема питания электрифицированного участка железной дороги постоянного тока показана на рис. 1.4.

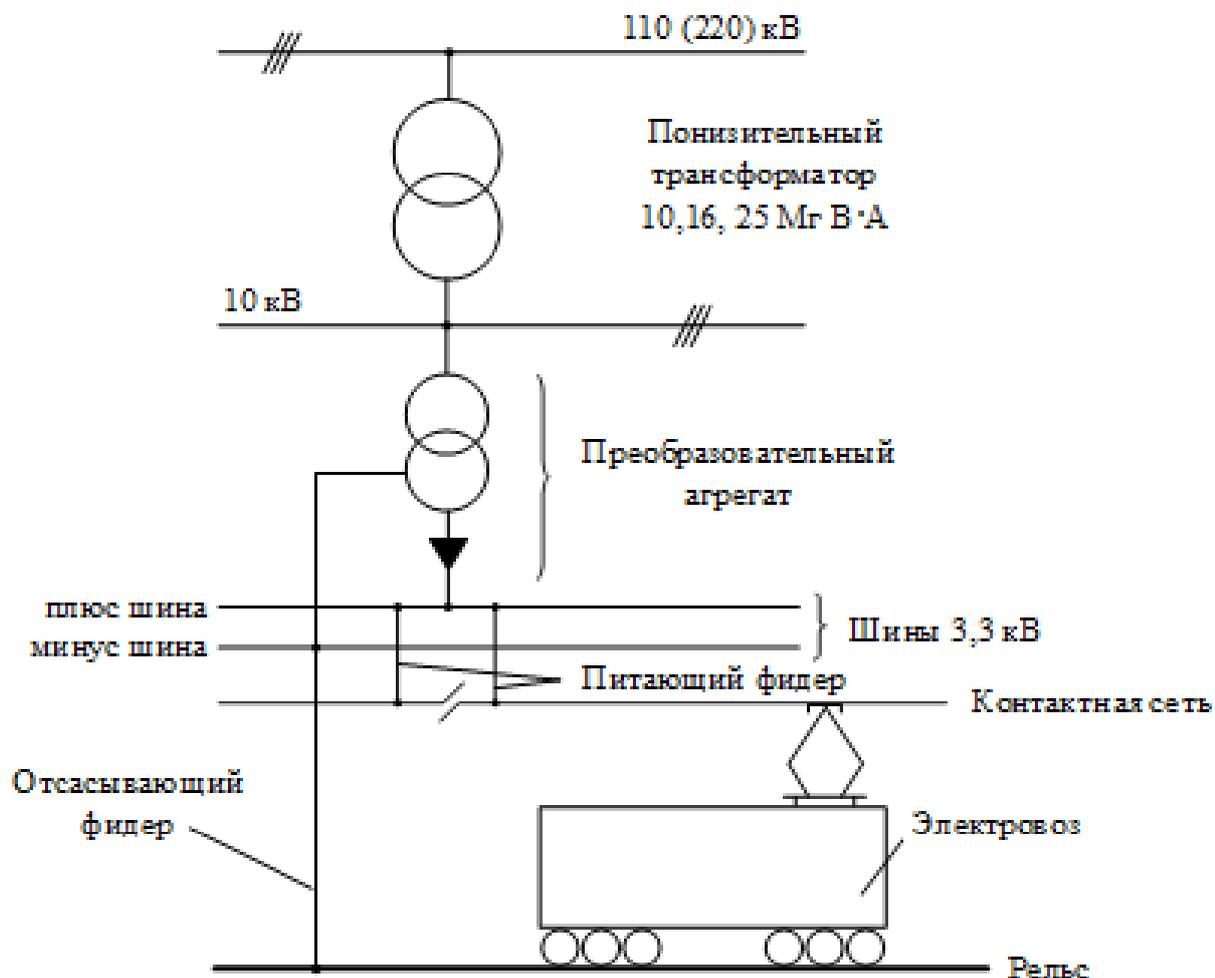


Рис. 1.4. Принципиальная схема питания электрифицированного участка железной дороги постоянного тока с напряжением в контактной сети 3 кВ

Питание тяговой сети в большинстве случаев осуществляется от шин 110 (220) кВ через понизительный трансформатор, который обеспечивает снижение напряжения до 10 кВ. К шинам 10 кВ подключен преобразователь, который состоит из тягового трансформатора и выпрямителя. Последний обеспечивает преобразование переменного тока в постоянный напряжением на шинах 3,3 кВ. Контактная сеть подключается к «плюс шине», а рельсы – к «минус шине».

Принципиальный признак системы тягового электроснабжения постоянного тока – электрическая связь тягового двигателя с контактной сетью, т. е. имеется контактная система токосъема. Тяговые двигатели для электровозов и электропоездов постоянного тока предусмотрены на номинальное

напряжение 1,5 кВ. Парное последовательное соединение таких двигателей позволяет иметь в тяговой сети напряжение 3 кВ.

Достоинство системы постоянного тока определяется качеством серийного двигателя постоянного тока, характеристика которого в большей мере удовлетворяет требованиям, предъявляемым к тяговым двигателям.

Недостатки системы тягового электроснабжения постоянного тока:

– коэффициент полезного действия (КПД) 22 %;

– расстояние между тяговыми подстанциями равно 20 км и менее, что определяет высокую стоимость системы электроснабжения и большие эксплуатационные расходы;

– большие токовые нагрузки определяют необходимость иметь контактную подвеску большего сечения, что вызывает значительный перерасход дефицитных цветных металлов;

– система электрической тяги постоянного тока характеризуется большими потерями электрической энергии в пусковых реостатах электровозов;

– при электрической тяге постоянного тока имеет место интенсивная коррозия подземных металлических сооружений, в том числе опор контактной сети.

3. Система тягового электроснабжения однофазного переменного тока напряжением 25 кВ, частотой 50 Гц

На железных дорогах, электрифицированных на переменном токе, наибольшее распространение получила система электроснабжения напряжением 25 кВ, частотой 50 Гц. Принципиальная схема питания электрифицированного участка показана на рис. 1.5.

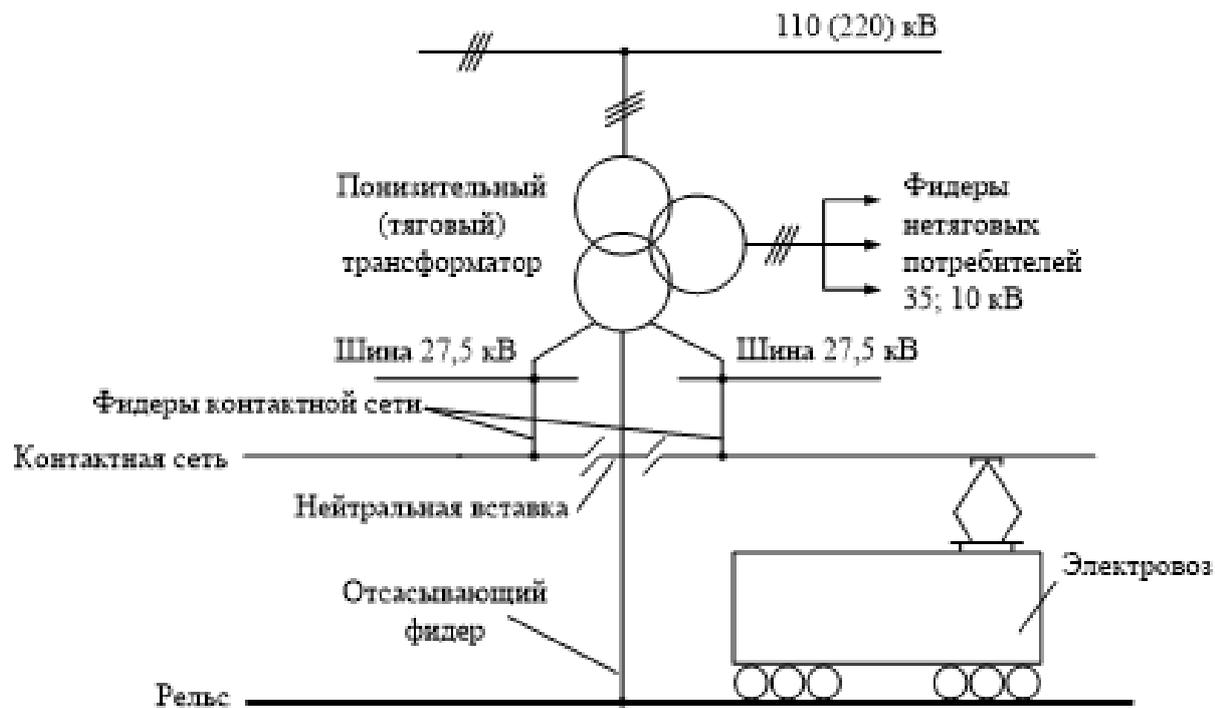


Рис. 1.5. Принципиальная схема питания электрифицированного участка железной дороги переменного тока напряжением в контактной сети 25 кВ, частотой 50 Гц

Питание тяговой сети осуществляется от шин 110 (220) кВ через понизительный (тяговый) трансформатор. Он имеет три обмотки:

I – обмотка высокого напряжения 110 (220) кВ;

II – обмотка низкого (среднего) напряжения 27,5 кВ для питания контактной сети;

III – обмотка среднего (низкого) напряжения 35, 10 кВ для питания нетяговых потребителей.

К шинам 27,5 кВ подключены фидеры контактной сети. При этом фазы А и В питают разные плечи тяговой подстанции. Для разделения фаз на контактной сети устраивается нейтральная вставка. Фаза С подключается к рельсам.

Принципиальный признак системы тягового электроснабжения переменного тока – электромагнитная связь тягового двигателя с контактной сетью – обеспечивается посредством трансформатора электровоза.

Достоинства системы:

– установлены независимые режимы напряжения в контактной сети и на тяговом двигателе при сохранении тягового двигателя постоянного тока;

–повышено напряжение в контактной сети до 25 кВ переменного тока. Вследствие этого уменьшается ток нагрузки при одинаковой передаваемой мощности; уменьшаются потери напряжения и мощности;

–увеличено расстояние между тяговыми подстанциями и уменьшено их число (в два – три раза);

–уменьшен срок строительства и повышены темпы электрификации; сокращен расход цветных металлов.

Недостатки системы тягового электроснабжения переменного тока:

–несимметричный режим работы трехфазных трансформаторов (на двухплечевую нагрузку) и, как следствие, ухудшение показателей качества электрической энергии и значительное снижение их располагаемой мощности. –несинусоидальность системы потребляемых токов и также ухудшение качества электрической энергии в питающей системе электроснабжения (в кривой потребляемого электровозами тока при установленной на них двухпульсовой выпрямительной установке содержатся негативные высшие гармоники 3, 5, 7... с большим численным значением);

–низкий коэффициент мощности электровозов переменного тока. Коэффициент полезного действия системы электрической тяги в целом оценивается равным 26 %;

–тяговая сеть переменного тока является источником электромагнитного влияния на смежные устройства, в том числе на линии связи, что определяет необходимость применения специальных мер, направленных на снижение электромагнитного влияния;

–наличие при двухсторонней схеме питания тяговой сети переменного тока уравнивающих токов, а следовательно, дополнительных больших потерь электрической энергии.

4. Схемы присоединения тяговых подстанций к линиям электропередачи

Схема питания тяговых подстанций от ЛЭП показана на рис. 1.8.

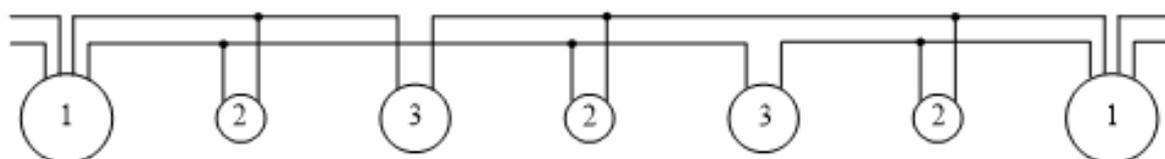


Рис 1.8. Схема двустороннего питания тяговых подстанций от двухцепной линии электропередач

В общем случае схема питания тяговых подстанций зависит от конфигурации районной сети, резерва мощности электрических станций и подстанций, возможности их расширения и др. Во всех случаях для большей надежности стремятся иметь схему двустороннего питания тяговых подстанций (см. рис. 1.8). На рис. 1.8. обозначено: 1 – опорная тяговая подстанция (не менее трех вводов высоковольтных линий). Оснащается комплексом высоковольтных коммутационных аппаратов и устройств автоматической защиты от повреждений; 2 – промежуточная отпаячная подстанция. Высоковольтные выключатели не устанавливаются, за счет чего удешевляется система электроснабжения; 3 – промежуточная транзитная подстанция, обеспечивается секционирование высоковольтных линий для ремонта или отключения при повреждениях.

Обеспечение надежности системы электроснабжения достигается: использованием двухцепной линии высокого напряжения, обеспечением двустороннего питания каждой сети ЛЭП, секционированием ЛЭП на транзитных подстанциях, наличием быстродействующей автоматической защиты на опорных, транзитных тяговых и районных подстанциях.

Обеспечение экономичности системы электроснабжения достигается сокращением высоковольтной аппаратуры. При питании от одноцепной линии передачи присоединение подстанций на отпайках не допускается. Все подстанции включаются в разрез линии, причем на каждой подстанции промежуточные линии передачи секционируются выключателем.

.5. Особенности схем питания тяговой сети однофазного тока промышленной частоты

На дорогах однофазного переменного тока питание тяговой сети осуществляется от трехфазной линии передачи электрической энергии через трансформаторы, обмотки которых соединены в ту или иную схему.

На отечественных железных дорогах применяют в основном трехфазные трехобмоточные трансформаторы, включаемые по схеме «звезда – звезда – треугольник», типа ТДТНГЭ (трехфазный, масляный, с принудительным охлаждением – дутьем, трехобмоточный, с регулированием напряжения под нагрузкой, грозоупорный, для электрической тяги)

мощностью 20, 31,5 и 40,5 МВ·А. Первичное напряжение – 110 или 220 кВ, вторичное на тягу – 27,5 кВ, для районных потребителей – 38,5 и 11 кВ.

Для питания только тяговой нагрузки применяют трехфазные двухобмоточные трансформаторы типа ТДГ и ТДНГ со схемой соединения обмоток «звезда – треугольник» (Y-11). Мощность указанных трансформаторов такая же, как и у трехобмоточных. Соединение тяговой обмотки «треугольником» позволяет получить более пологую внешнюю характеристику. Одну вершину «треугольника» присоединяют к рельсам, а две другие – к разным секциям контактной сети.

Схема питания тяговой сети однофазного переменного тока от трехфазного трансформатора с соединением обмоток «звезда – треугольник» показана на рис. 1.9.

При питании тяговой нагрузки от трех фаз секции тяговой сети слева и справа от подстанции должны питаться от разных фаз. Следовательно, они имеют напряжения, не совпадающие по фазе друг с другом.

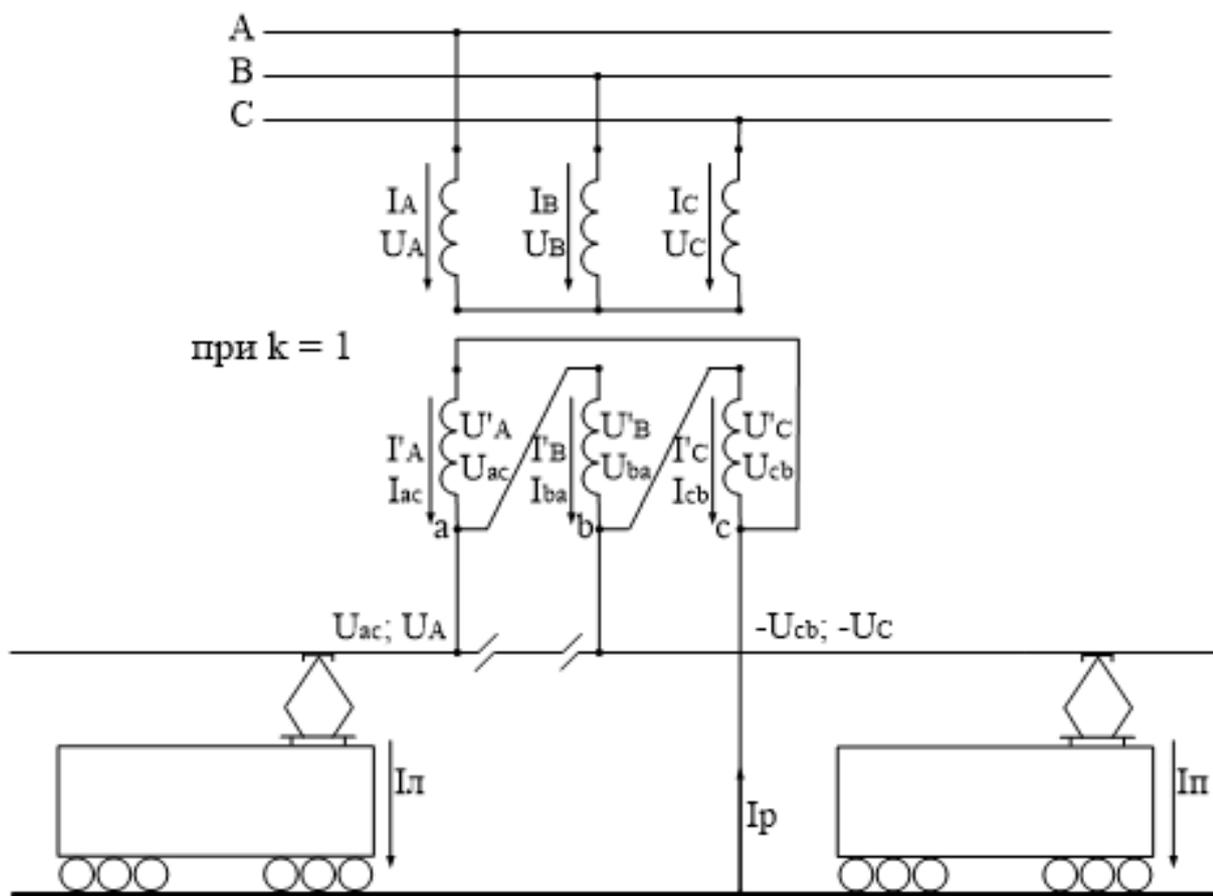


Рис. 1.9. Схема питания тяговой сети однофазного переменного тока от трехфазного трансформатора с соединением обмоток «звезда – треугольник»

Токи в фазах можно получить непосредственно из уравнений Кирхгофа. Если в рассматриваемый момент времени слева от подстанции нагрузка $I_{л}$ и справа $I_{п}$ (см. рис. 1.9), то можно записать:

$$\dot{I}_{ac} = \dot{I}_{ba} + \dot{I}_n; \quad (1.1)$$

$$\dot{I}_{ba} = \dot{I}_{cb} + \dot{I}_n; \quad (1.2)$$

$$\dot{I}_{cb} = \dot{I}_{ac} - \dot{I}_n - \dot{I}_n; \quad (1.3)$$

$$\dot{I}_{ac} + \dot{I}_{ba} + \dot{I}_{cb} = 0. \quad (1.4)$$

Из уравнения (1.4) следует:

$$\dot{I}_{ba} = -\dot{I}_{ac} - \dot{I}_{cb}. \quad (1.5)$$

Выражение (1.5) подставим в уравнение (1.1):

$$\dot{I}_{ac} = -\dot{I}_{ac} - \dot{I}_{cb} + \dot{I}_n. \quad (1.6)$$

Подставив формулу (1.3) в выражение (1.6), получим:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{ac} &= -\dot{I}_{ac} - \dot{I}_{ac} + \dot{I}_n + \dot{I}_n + \dot{I}_n; \\ 3\dot{I}_{ac} &= 2\dot{I}_n + \dot{I}_n; \\ \dot{I}_{ac} &= \frac{2}{3}\dot{I}_n + \frac{1}{3}\dot{I}_n. \end{aligned} \quad (1.7)$$

Подставив формулу (1.7) в выражение (1.3), получим:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{cb} &= \frac{2}{3}\dot{I}_n + \frac{1}{3}\dot{I}_n - \dot{I}_n - \dot{I}_n; \\ \dot{I}_{cb} &= -\frac{1}{3}\dot{I}_n - \frac{2}{3}\dot{I}_n. \end{aligned} \quad (1.8)$$

Подставив формулу (1.8) в выражение (1.2) получим:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{cb} &= -\frac{1}{3}\dot{I}_n - \frac{2}{3}\dot{I}_n + \dot{I}_n; \\ \dot{I}_{ba} &= -\frac{1}{3}\dot{I}_n + \frac{1}{3}\dot{I}_n. \end{aligned} \quad (1.9)$$

Ток в фазах вторичного «треугольника» и соответственно в фазах первичной обмотки также можно найти, построив векторную диаграмму.

Для построения векторной диаграммы принимается, что токи фидерных зон I_n и I_n , под которыми подразумеваются суммарные токи

фидеров, отходящие от подстанции соответственно влево и вправо, распределяются между вторичными обмотками трансформатора. Иными словами – нужно определить долю участия вторичной обмотки трансформатора в питании обеих фидерных зон.

При соединении обмоток трансформатора по схеме Y/A и отсутствии токов нулевой последовательности в замкнутом контуре «треугольника» каждую фазу можно рассматривать независимо от другой, т. е. как однофазный трансформатор. В этом случае распределение нагрузок на вторичной стороне между фазами определяется только соотношением значений сопротивления обмоток. Левая фидерная зона с током $I_{л}$ питается от напряжения U_{ac} . Это напряжение генерируется как в обмотках «ах», так и в обмотках «бу» и «сз». Сопротивление обмоток «ах» в два раза меньше сопротивления двух других обмоток, соединенных последовательно. Следовательно, ток $I_{л}$ разделяется между этими генерирующими напряжение U_{ac} обмотками в соотношении 2:1. Аналогичным образом делится ток $I_{п}$.

Построим векторную диаграмму для определения токов фаз трехфазного трансформатора (рис. 1.10).

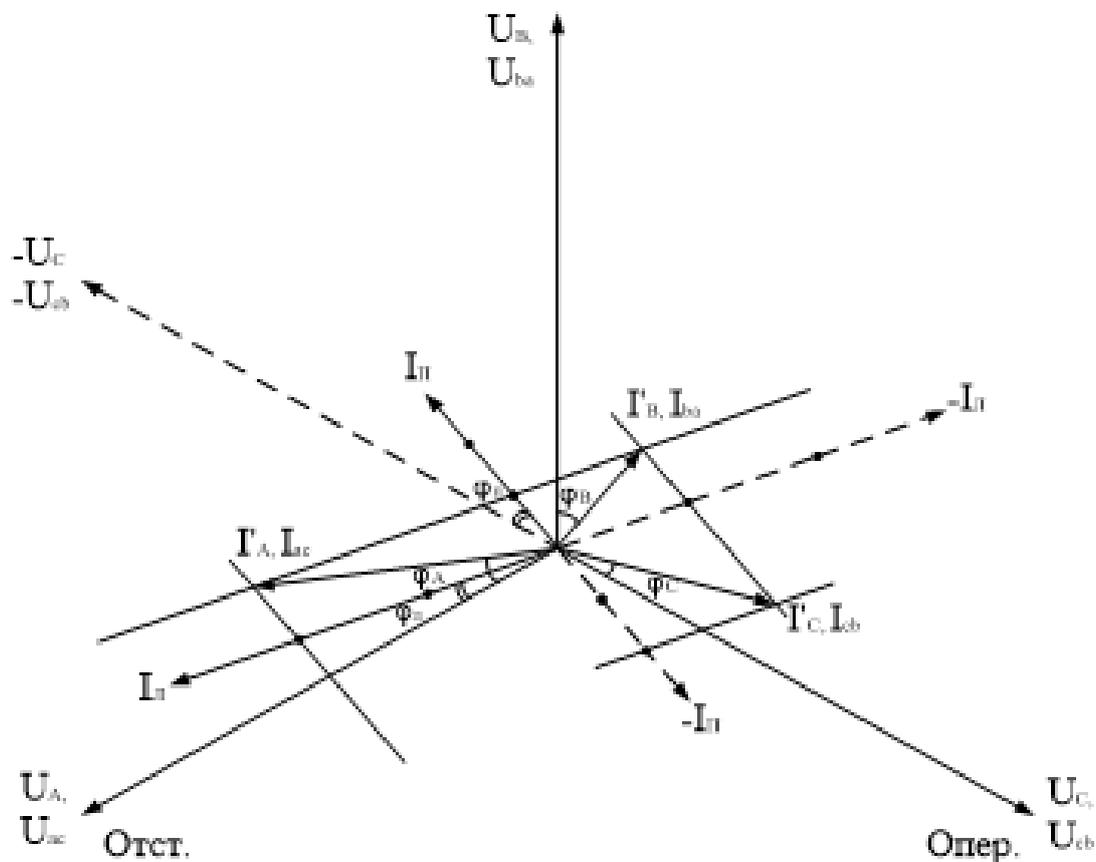


Рис. 1.10. Векторная диаграмма для определения токов фаз трехфазного трансформатора

