

**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**

---

Е.Н. Мищенко

**СИММЕТРИРОВАНИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ**

Учебно-методическое пособие  
к лабораторной работе

Ростов-на-Дону  
2017

УДК 656.25(07) + 06

Рецензенты – кандидат технических наук, доцент Д.В. Швалов

**Мищенко, Е.Н.**

Симметрирование низкочастотных кабелей связи: учебно-методическое пособие к лабораторной работе / Е.Н. Мищенко; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 16 с.

В пособии приводятся основные теоретические положения, порядок выполнения работы, описание лабораторной установки, контрольные вопросы и содержание отчета.

Предназначено для студентов всех форм обучения направления подготовки «Системы обеспечения движения поездов», а также магистрантов и аспирантов.

Одобрено к изданию кафедрой «Связь на железнодорожном транспорте».

## 1 Цель работы

Ознакомиться с методами симметрирования низкочастотных кабелей связи; произвести симметрирование двух строительных длин низкочастотного кабеля методами скрещивания и симметрирования с помощью конденсаторов.

## 2 Содержание работы

2.1 Изучить методы симметрирования низкочастотных кабелей связи.

2.2 Ознакомиться с методикой измерения емкостей универсальным мостом переменного тока.

2.3 Измерить частичные емкости двух строительных длин кабеля.

2.4 Рассчитать коэффициенты емкости связи и емкости асимметрии для двух четверок строительных длин кабеля.

2.5 Выбрать оптимальный оператор скрещивания.

2.6 Подобрать симметрирующие конденсаторы для компенсации остаточных связей после скрещивания.

## 3 Краткие сведения из теории

**3.1 Коэффициент емкостной связи и асимметрии.** Кабельная линия состоит из отдельных кусков (строительных длин), которые в процессе монтажных работ соединяются между собой. В каждом кабеле связи жилы скручивают в группы. Скрутка позволяет ставить жилы в более одинаковые условия по отношению друг к другу и к оболочке кабеля. Это повышает их защищенность от взаимных влияний и от влияний соседних цепей сильного тока.

В кабелях связи наибольшее распространение получила скрутка четверочная (звездная). Звездная скрутка образуется в процессе свивания четырех изолированных жил в одну группу с общим шагом скрутки (рис. 1).

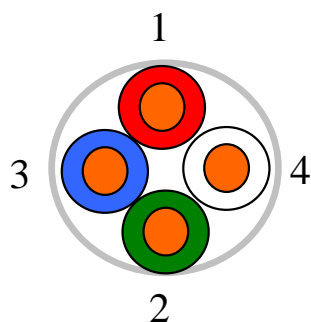


Рисунок 1 – Звездная скрутка жил в четверке

Таким образом, благодаря симметричному размещению жил в четверке по вершинам квадрата каждая четверка низкочастотного кабеля представляет собой систему со свойствами емкостного моста (рис. 2), где  $C_{13}$ ,  $C_{23}$ ,  $C_{14}$  и  $C_{24}$  – частичные емкости между соответствующими жилами.

Электрический мост будет уравновешен, если выполняются следующие условия:

$$C_{13} = C_{24} = C_{14} = C_{23}$$

$$\text{или } C_{13} + C_{24} = C_{14} + C_{23}. \quad (1)$$

Если условие (1) выполняется, то обмен энергией между цепями 1–2 и 3–4 отсутствует.

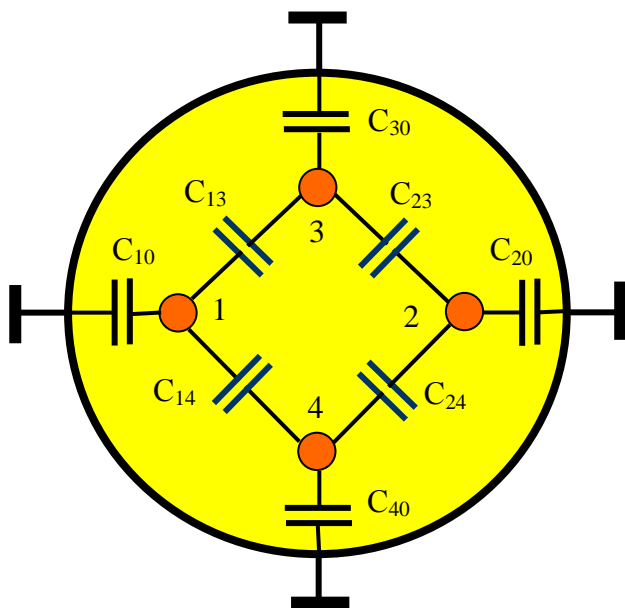


Рисунок 2 – Частичные емкости в четверке жил кабеля при звездной скрутке

Каждая жила в кабеле относительно оболочки имеет определенную частичную емкость:  $C_{10}, C_{20}, C_{30}, C_{40}$ . Под влиянием внешних источников тока энергия переходит на цепи через землю и защитные оболочки кабеля. При протекании переменного тока в оболочке кабеля, вызванным наличием линий сильного тока, в жилах кабеля возникают индуктивные токи, которые будут зависеть от коэффициента электрической связи, т.е. наличия частичных емкостей  $C_{10}, C_{20}, C_{30}, C_{40}$ . Через нагрузки, подключенные к цепям 1-2 и 3-4, протекут разностные токи соответствующих жил.

Если  $C_{10} = C_{20} = C_{30} = C_{40}$ , то результирующие токи в нагрузках

будут равны нулю. Следовательно, токи влияния возникнут в обеих цепях четверки при наличии емкостной асимметрии, т.е. при условии, что

$$C_{10} \neq C_{20} \text{ и } C_{30} \neq C_{40}.$$

Практически всегда условия (1) и (2) не выполняются и поэтому имеют место взаимные и внешние влияния.

Взаимные влияния определяются коэффициентами емкостной связи, а внешние – коэффициентами емкостной асимметрии цепей относительно оболочки (земли).

Величина емкостной связи между цепями четверки и величина емкостной асимметрии по отношению к земле (оболочке) определяется разностью частичных емкостей и характеризуется соответственно коэффициентами емкостной связи и асимметрии, которые выражаются через

- емкостные связи:

$$\begin{aligned} K_1 &= C_{13} + C_{24} - C_{14} + C_{23} ; \\ K_2 &= C_{13} + C_{14} - C_{23} + C_{24} ; \\ K_3 &= C_{13} + C_{23} - C_{14} + C_{24} , \end{aligned}$$

где  $K_1$  – коэффициент емкостной связи между основными цепями в четверке;

$K_2$  – коэффициент емкостной связи между первой основной цепью и искусственной (фантомной);

$K_3$  – коэффициент емкостной связи между второй основной цепью и фантомной;

- емкостных асимметрий:

$$l_1 = l_{10} + l_{20} ;$$

$$l_2 = l_{30} + l_{40} ;$$

$$l_3 = l_{10} + l_{30} + l_{30} + l_{40} ,$$

где  $l_1$  – коэффициент емкостной асимметрии между первой цепью и землей;  
 $l_2$  – коэффициент емкостной асимметрии между второй цепью и землей;  
 $l_3$  – коэффициент емкостной асимметрии между фантомной цепью и землей.

Чем меньше значения коэффициентов, тем меньше взаимные влияния между цепями и внешние влияния от внешних источников помех.

Значения коэффициентов связи и асимметрии нормируются, в смонтированном кабеле магистральной железнодорожной связи на длине шага симметрирования при частоте 800 Гц. Они не должны превышать величин, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Допустимые значения коэффициентов емкостной связи и асимметрии

Коэффициенты связи и асимметрии	Допустимые значения, пф			
	Для кабеля в зоне электрифицированных ж. д. по системе переменного тока		В шаге пупинизации низкочастотных кабелей	
	среднее	максимальное	среднее	максимальное
$K_1, K_2, K_3$	10	20	10	20
$l_1, l_2$	30	100	100	300
$l_3$	40	150	130	400

Кабельные цепи в строительных длинах одного и того же типа кабеля, поступающего с заводов, всегда имеют различные коэффициенты емкостной связи и асимметрии и превышают допустимые нормы.

Уменьшение внешних и взаимных влияний может быть достигнуто выравниванием частичных емкостей. Поэтому, при монтаже выполняется так называемое симметрирование, в результате которого можно привести кабельные цепи в соответствие с техническими нормами (см. табл. 1).

Симметрированием называется комплекс мероприятий, проводимый в процессе монтажа кабеля с целью уменьшения взаимных влияний между цепями и помех от внешних источников.

Сущность симметрирования заключается в том, что токи влияния, вызываемые электромагнитными связями, компенсируются токами противоположного направления (токами противосвязи).

В зависимости от того, каким образом создаются токи противосвязи, различают три метода симметрирования кабельных цепей внутри шагов симметрирования:

- симметрирование методом скрещивания жил в четверках;
- конденсаторный метод;
- симметрирование посредством включения контуров противосвязи.

Симметрирование производится для каждого усилительного участка. Методика симметрирования низкочастотных и высокочастотных кабелей различна.

Для симметрирования низкочастотных кабелей пользуются метод скрещивания жил в четверках и конденсаторный метод; для высокочастотных кабелей применяют скрещивание в сочетании с включением контуров противосвязи.

При симметрировании низкочастотных кабелей усилительный участок разбивается на шаги симметрирования.

Шагом симметрирования называется расстояние между ближайшими точками симметрирования, не превышающее 1,7...2,0 км.

Симметрирование выполняют для участков, состоящих из четного числа строительных длин кабеля.

**3.2 Симметрирование методом скрещивания.** Этот метод заключается в компенсации электромагнитных связей одного участка кабеля (А) связями другого участка кабеля (В) путем прямого соединения жил этих участков или соединения со скрещиванием.

При скрещивании коэффициенты электромагнитных связей изменяют свои знаки, поэтому коэффициенты связей общих участков алгебраически вычитаются  $K^A - K^B$ . При прямом соединении жил коэффициенты электромагнитных связей обоих участков алгебраически складываются  $K^A + K^B$ . При соединении каждой четверки двух строительных длин кабеля можно осуществить восемь различных комбинаций скрещивания: четыре комбинации – для основных цепей и четыре – с учетом наличия фантомной цепи.

Каждая схема скрещивания имеет свое условное обозначение, называемое оператором.

Все операторы трехзначные и состоят из определенного сочетания точек ( $\square$ ) и крестиков ( $\times$ ). Крестик соответствует скрещиванию, а точка – соединению без скрещивания (напрямую).

Операторы скрещивания, соответствующие им схемы соединения жил и остаточные значения коэффициентов емкостной связи и асимметрии приведены в таблице 2.

Первый знак в операторе относится к первой основной цепи; второй знак – ко второй; третий – к фантомной цепи.

Так, оператор  $\times\square\square$  означает, что первая основная цепь скрещивается, а вторая и фантомная цепи соединяются напрямую.

Задача симметрирования заключается в выборе такой схемы, которая дала бы возможность снизить значения результирующих коэффициентов связи и асимметрии до нормы (см. табл. 1).

Таблица 2 – Остаточные значения коэффициентов емкостной связи и асимметрии в зависимости от применяемой схемы соединения

№	Схема соединения		Оператор	Коэффициенты					
	Сторона А	Сторона Б		Емкостной связи			Емкостной асимметрии		
				$K_1$	$K_2$	$K_3$	$l_1$	$l_2$	$l_3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1			□□□	$K_1^A + K_1^B$	$K_2^A + K_2^B$	$K_3^A + K_3^B$	$l_1^A + l_1^B$	$l_2^A + l_2^B$	$l_3^A + l_3^B$
2			×□□	$K_1^A - K_1^B$	$K_2^A - K_2^B$	$K_3^A + K_3^B$	$l_1^A - l_1^B$	$l_2^A + l_2^B$	$l_3^A + l_3^B$
3			□×□	$K_1^A - K_1^B$	$K_2^A + K_2^B$	$K_3^A - K_3^B$	$l_1^A + l_1^B$	$l_2^A - l_2^B$	$l_3^A + l_3^B$
4			××□	$K_1^A + K_1^B$	$K_2^A - K_2^B$	$K_3^A - K_3^B$	$l_1^A - l_1^B$	$l_2^A - l_2^B$	$l_3^A + l_3^B$
5			□□×	$K_1^A + K_1^B$	$K_2^A + K_3^B$	$K_3^A + K_2^B$	$l_1^A + l_2^B$	$l_2^A + l_1^B$	$l_3^A - l_3^B$
6			×□×	$K_1^A - K_1^B$	$K_2^A - K_3^B$	$K_3^A + K_2^B$	$l_1^A - l_2^B$	$l_2^A + l_1^B$	$l_3^A - l_3^B$
7			□××	$K_1^A - K_1^B$	$K_2^A + K_3^B$	$K_3^A - K_2^B$	$l_1^A + l_2^B$	$l_2^A - l_1^B$	$l_3^A - l_3^B$
8			×××	$K_1^A + K_1^B$	$K_2^A - K_3^B$	$K_3^A - K_2^B$	$l_1^A - l_2^B$	$l_2^A - l_1^B$	$l_3^A - l_3^B$

В тех случаях, когда для различных коэффициентов возникают противоречивые значения, предпочтение отдается коэффициентам емкостной связи  $K_1, K_2, K_3$ .

Симметрирование низкочастотных кабелей осуществляется в три этапа: внутри шагов симметрирования; при соединении шагов и на смонтированном усилительном участке.

Усилительный участок является законченным объектом симметрирования.

Симметрирование внутри шага симметрирования выполняется по одноточечной, трехточечной и семиточечной схемам, т.е. по числу муфт, в которых осуществляется симметрирование (рис. 3).

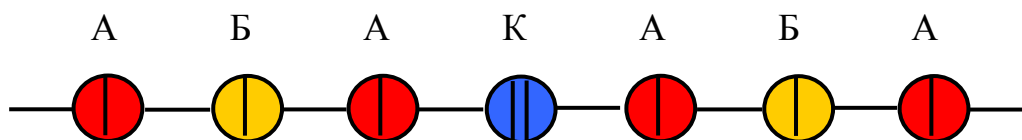
Симметрирующими муфтами называют муфты, предназначенные для скрещивания жил.

Конденсаторные муфты – те, в которых осуществляется симметрирование методом скрещивания и посредством включения дополнительных конденсаторов.

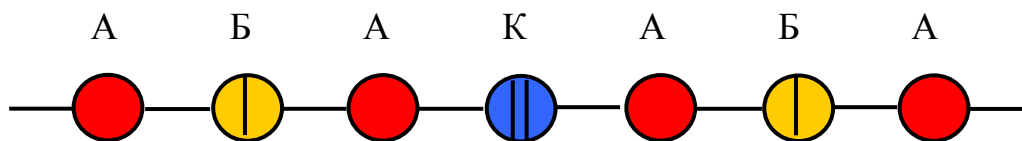
Прямыми муфтами называются муфты, в которых все жилы соединяются напрямую.

Наибольший эффект дает симметрирование по семиточечной схеме (см. рис. 3, а), когда монтируются сначала симметрирующие муфты А, затем муфты Б и, наконец, конденсаторная муфта К, где осуществляется симметрирование скрещиванием, после чего остаточные связи компенсируются конденсаторами.

Симметрирование по семиточечной схеме



Симметрирование по трёхточечной схеме



Симметрирование по одноточечной схеме

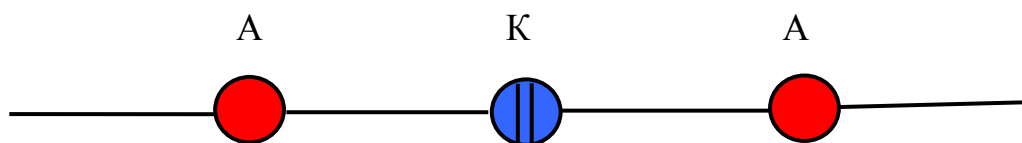


Рисунок 3 – Схема симметрирования низкочастотного кабеля в пределах шага симметрирования

По трёхточечной схеме (см. рис. 3, б) вначале монтируются прямые муфты А, Б, В, Г, затем симметрирующие муфты Б, в которых выполняется симметрирование скрещиванием, и, наконец, конденсаторная муфта К.

По одноточечной схеме симметрирования (см. рис. 3, в) в первую очередь монтируются все прямые муфты, а затем конденсаторная муфта.

Во всех случаях симметрирования конденсаторная муфта должна находиться в середине шага симметрирования.



Для осуществления симметрирования сначала измеряются коэффициенты емкостной связи и асимметрии в каждой четверке строительных длин кабеля. После этого выбирается оператор скрещивания.

Для выбора оператора скрещивания необходимо определить, нужно скрещивать фантомную цепь или нет. Для этого сравнивают абсолютные значения коэффициентов емкостных связей  $K_2^A$  и  $K_3^A$  с  $K_2^B$  и  $K_3^B$ . Если  $K_2^A \approx K_2^B$  и  $K_3^A \approx K_3^B$ , то фантомная цепь не скрещивается. Если же  $K_2^A \approx K_3^B$  и  $K_3^A \approx K_2^B$ , то фантомная цепь скрещивается.

Когда скрещивание фантомной цепи не требуется, то результирующие значения коэффициентов связи определяются только для первых четырех операторов: если же скрещивание необходимо, то следует определить такие значения для всех восьми операторов (см. табл. 2).

По результатам расчетов выбирается оператор, при котором значения коэффициентов остаточной связи имеют меньшее значение. Коэффициенты, полученные в результате расчета для выбранного оператора, сравнивают с допустимыми (см. табл. 1). Значения коэффициентов связи и асимметрии, которые после скрещивания оказались выше нормы, снижают путем симметрирования конденсаторами.

**3.3 Симметрирование с помощью конденсаторов.** Этот метод заключается в том, что величины емкостной связи и асимметрии кабельной четверки выравнивают, включая конденсаторы соответствующей емкости, в конденсаторных муфтах между жилами и между жилами и оболочкой (землей), имеющими меньшие частичные емкости.

Подбор симметрирующих конденсаторов выполняется следующим образом:

Пусть необходимо скомпенсировать коэффициент емкостной связи  $K_1$  равный  $+C_1$  (пФ). Это значит, что

$$K_1 = C_{13} + C_{24} - C_{14} + C_{23} = +C_1.$$

Для того чтобы  $K_1 = 0$ , необходимо подключить между жилами 1-4 или 2-3 конденсатор  $C_1$ . Но если конденсатор подключить лишь к одной паре жил (1-4) или (2-3), изменяются значения коэффициентов  $K_2$  и  $K_3$ .

Чтобы значения коэффициентов  $K_2$ , и  $K_3$  остались без изменения, необходимо вместо одного конденсатора подключить к обеим парам жил (с меньшей суммарной емкостью) конденсаторы с емкостью, равной половине значения симметрируемой связи, т.е.  $C_1/2$ .

Если требуется скомпенсировать все три коэффициента емкостной связи, то необходимо составить таблицу 3.

Для того чтобы не включать лишних емкостей, следует величину емкости симметрирующих конденсаторов уменьшить на одинаковую наименьшую величину

Таблица 3 – Пример симметрирования конденсаторами  
низкочастотной кабельной четверки

Измеренные значения коэффициентов емкостной связи, пФ	Емкости симметрирующих конденсаторов, которые необходимо включить между жилами, пФ			
	1-3	1-4	2-3	2-4
$K_1 = +40$ $K_2 = +20$ $K_3 = -20$		20	20	
	20		10	10
Суммарное значение	20	20	50	10
Вычитаемая наименьшая- величина	10	10	10	10
Величина емкости включаемых конденсаторов	10	10	10	0

#### 4 Оборудование и приборы

Для выполнения лабораторной работы необходимы следующие приборы:

**4.1 Лабораторная установка**, представляет собой макет двух строительных длин кабеля, изображенных на передней панели.

**4.2 Универсальный мост переменного тока Е7-8.** Внешний вид прибора показан на рисунке 4. Для выполнения измерений необходимо органы управления моста перевести в рабочее состояние, соответствующее режиму измерения емкости. Для этого установите переключатели «ВИД ИЗМЕРЕНИЙ» в положения «С, G» и «G, R». Тумблер «ЗАПУСК» в положение «СЛЕДЯЩИЙ». Переключатель «ЗНАК С L» в положение «АВТ». В процессе измерения можно использовать ручное и автоматическое изменение пределов измерения. Если производятся измерения емкостей с близкими по значению параметрами, то рекомендуется использовать ручное изменение пределов измерения. Если параметры емкости существенно изменяются, то – автоматическое. Ручной выбор пределов обеспечивает наибольшую сохранность прибора. Значения пределов измерения помещены в таблицу 4. Установите ручкой «ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕРЕНИЙ» нужный диапазон.

При измерении нелинейных объектов крайне важно знать значение поляризующего напряжения или тока. Тогда пользуются органами регулировки, расположенными на передней панели справа. В данном случае эти органы управления нам не понадобятся.

Таблица 4 – Пределы измерения ёмкости

Пределы измерения	1	2	3	4	5	6	7
Ёмкость	$\pm 99,99$ , пФ	$\pm 999,9$ , пФ	$\pm 9,999$ , нФ	$\pm 99,99$ , нФ	$\pm 999,9$ , нФ	$\pm 9,999$ , мкФ	$\pm 99,99$ , мкФ

Подсоедините измеряемую емкость к зажимам прибора. Процесс измерения начинается автоматически. На табло прибора высвечивается надпись «НЕБАЛАНС». По окончании измерения надпись гаснет. Измеренное значение емкости считывается с цифрового табло слева. Следует помнить, что мост одновременно измеряет реактивную и активную составляющие реальной емкости. Активная составляющая утечки отображается на цифровом табло справа. В этой работе это значение нам не понадобится.

Для повышения устойчивости работы прибора в процессе измерения необходимо измеряемый объект и прибор размещать вдали от источников электромагнитных помех. По этой же причине не касайтесь руками зажимов и измеряемого объекта в процессе измерения.

### 4.3 Магазин емкостей



Рисунок 4 – Мост переменного тока E7-8

### 5 Порядок выполнения работы

5.1 Измерить емкости между жилами четверки и каждой жилой и оболочкой (землей) двух строительных длин кабеля при помощи универсального моста переменного тока. Результаты измерений занести в табл. 4.

5.2 Определить коэффициенты емкостной связи и асимметрии по измеренным частичным емкостям (см. табл. 5). Результаты расчета свести в таблицу 6.

Таблица 5– Результаты измерений частичных емкостей

Строительные длина кабеля	Частичные емкости, пФ							
	$C_{13}$	$C_{14}$	$C_{23}$	$C_{24}$	$C_{10}$	$C_{20}$	$C_{30}$	$C_{40}$
Кабель А								
Кабель Б								

Таблица 6 – Результаты расчетов коэффициентов емкостной связи и асимметрии

Коэффициен- ты емкостной связи и асим- метрии	Расчетные формулы	Значения коэффициентов , пФ	
		Кабель А	Кабель Б
$K_1$	$C_{13} + C_{24} - C_{14} + C_{23}$		
$K_2$	$C_{13} + C_{14} - C_{23} + C_{24}$		
$K_3$	$C_{13} + C_{23} - C_{14} + C_{24}$		
$l_1$	$C_{10} - C_{20}$		
$l_2$	$C_{30} - C_{40}$		
$l_3$	$C_{10} + C_{20} - C_{30} + C_{40}$		

5.4 Определить оператор скрещивания, для чего сначала убедиться в необходимости скрещивания фантомной цепи.

Рассчитать коэффициенты емкостной связи и асимметрии для всех операторов. Результаты расчета свести в табл. 7. По наименьшим значениям коэффициентов связей выбрать оптимальный оператор скрещивания, коэффициенты сравнить с нормами (см. табл. 1).

5.5 Произвести с помощью коротких проводчиков скрещивания жил по выбранному оператору.

5.6 Выполнить симметрирование с помощью конденсаторов. Коэффициенты, которые оказались после скрещивания выше нормы, снизить путем включения симметрирующих конденсаторов.

В соответствии с п. 3.3 определить величины требуемой емкости, а также между какими жилами она должна быть подключена (см. табл. 3).

Таблица 7– Результаты расчетов коэффициентов емкостной связи и асимметрии

№ схемы	Условное обозначение (оператор)	Коэффициенты емкостной связи			Коэффициенты емкостной асимметрии		
		$K_1$	$K_2$	$K_3$	$l_1$	$l_2$	$l_3$
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

Результаты симметрирования кабельных цепей низкой частоты с помощью конденсаторов свести в таблицы 8 и 9.

Таблица 8 – Результаты симметрирования емкостных связей с помощью конденсаторов

Коэффициент емкостной связи	Емкости симметрирующих конденсаторов, которые необходимо включить между жилами			
	1-3	1-4	2-3	2-4
$K_1 =$ $K_2 =$ $K_3 =$ Суммарное значение Вычитаемая наименьшая величина Величина, емкостей включаемых конденсаторов				

Таблица 9 – Результаты симметрирования емкостных асимметрий с помощью конденсаторов

Коэффициент емкостной связи	Емкости симметрирующих конденсаторов, которые необходимо включить между жилами			
	1-3	1-4	2-3	2-4
$l_1 =$ $l_2 =$ $l_3 =$ Суммарное значение Вычитаемая наименьшая величина Величина, емкостей включаемых конденсаторов				

5.7 Произвести контрольные измерения результирующих связей  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  и емкостных асимметрий  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  и сравнить результаты измерений с нормами.

## 6 Содержание отчета

Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать:

- 6.1 Наименование работы, ее цель.
- 6.2 Марки и типы использованных приборов.
- 6.3 Таблицы с результатами измерений и расчетов.
- 6.4. Схемы включения симметрирующих конденсаторов.
- 6.5 Выгоды, замечания по работе.

## 7 Контрольные вопросы

При защите лабораторной работы студенту необходимо ответить на следующие вопросы:

- 7.1 Нормы содержания кабельных цепей.
- 7.2 Сущность симметрирования.
- 7.3 Какие применяют методы симметрирования?
- 7.4 В чем суть симметрирования методом скрещивания жил в четверках?
- 7.5 Что означает оператор симметрирования?
- 7.6 В чем суть симметрирования с помощью конденсаторов?
- 7.7 Для чего применяется скрутка жил и скрутка элементарных групп в кабеле?
- 7.8 Почему в низкочастотных кабелях учитывают только коэффициенты емкостных связей и асимметрии?

## Рекомендуемая литература

1 **Виноградов, Б.Б.** Линий автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте: учебник для вузов ж.-д. трансп. / Б.Б. Виноградов, Кузьмин, А.Я. Гончаров. – М. : Маршрут, 2002. – 231 с.

2 **Мищенко, Е.Н.** Линии железнодорожной автоматики и связи : учеб. пособие / Е.Н. Мищенко. – Ростов н/Д : Изд-во РСЭИ, 2007. – 157 с.

3 **Гроднев, И.И.** Линии связи / И.И. Гроднев, С.М. Верник. – М. : Радио и связь, 1988. – 544 с.

4 Строительство линейных сооружений железнодорожной связи : справочник / под ред. В.И. Соболева. – М. : Транспорт, 1987. – 335 с.

## Оглавление

1	Цель работы .....	3
2	Содержание работы .....	3
3	Краткие сведения из теории .....	3
	3.1 Коэффициент емкостной связи .....	3
	3.2 Симметрирование методом скрещивания .....	6
	3.3 Симметрирование с помощью конденсаторов .....	9
4	Оборудование и приборы .....	10
5	Порядок выполнения работы .....	10
6	Содержание отчета .....	14
7	Контрольные вопросы .....	14
	Рекомендуемая литература .....	14

*Учебное издание*

**Мищенко Евгений Николаевич**

**СИММЕТРИРОВАНИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ**

Печатается в авторской редакции  
Технический редактор Т.И. Исаева

Подписано в печать 09.10.17. Формат 60×84/16.  
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 0,93.  
Тираж        экз. Изд. № 9047. Заказ        .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

---

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка  
Народного Ополчения, д. 2.