

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

---

Е.Н. Мищенко

**ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ СОСТОЯНИЯ**  
**ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ**

Учебно-методическое пособие  
к лабораторной работе

Ростов-на-Дону  
2017

УДК 656.25(07) + 06

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

**Мищенко, Е.Н.**

Периодические измерения состояния линейных цепей: учебно-методическое пособие к лабораторной работе / Е.Н. Мищенко; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 12 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».

*Учебное издание*

**Мищенко Евгений Николаевич**

**ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ СОСТОЯНИЯ  
ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ**

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. 0,7.  
Тираж экз. Изд. № 9049. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

---

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

© Мищенко Е.Н., 2017  
© ФГБОУ ВО РГУПС, 2017

## **1 Цель работы**

Ознакомиться с нормами содержания цепей линий связи и СЦБ и методами контроля их состояния.

## **2 Краткие сведения из теории**

### **2.1 Периодичность электрических измерений воздушных и кабельных линий**

Чтобы определить линий  $u$  и привести величины, характеризующие его, к требуемым нормам, необходимо выполнить профилактические и контрольные измерения. Контрольные измерения проводятся после окончания ремонтных и других работ в предназначены для контроля за качеством выполненных работ. При контрольных измерениях проверяются электрические параметры линии.

Периодичность профилактических измерений определяется ведомственными инструкциями и зависит от характера и назначения цепей.

Большую часть воздушных линий связи измеряют один раз в месяц на постоянном и переменном токе. На постоянном токе измеряют: сопротивление и омическую асимметрию цепи, сопротивление изоляции между проводами и сопротивление каждого провода цепи по отношению к земле. На переменном токе измеряют: переходное затухание между цепями на ближнем конце, защищенность на дальнем конце, рабочее затухание и входное сопротивление цепей.

При измерении цепей воздушных линий должны быть учтены метеорологические условия.

Профилактические измерения междугородных кабелей постоянным током проводят два раза в год: весной при определении необходимого ремонта и осенью при подготовке устройств к работе в зимних условиях. Такая же периодичность электрических измерений предусмотрена для междугородных кабельных линий, оборудованных сигнализаторами понижения изоляции.

Измерения кабельных вставок в воздушные линии и кабельных вводов проводят один раз в два года на постоянном токе и один раз в три года на переменном токе.

### **2.2 Допустимые нормы сопротивления, асимметрии и сопротивления изоляции проводов и кабелей**

Допустимые электрические сопротивления  $I$  км провода и шлейфа постоянному току при  $t = 20^\circ C$ , удельные сопротивления различных материалов  $\rho$  и температурные коэффициенты  $\alpha$ , изменение электрических сопротивлений приведены в табл. 2.1 и 2.2.

*Примечание.* Шлейфом называют участок двухпроводной цепи, замкнутый на противоположном конце.

Таблица 2.1 – Сопротивление 1 км провода и шлейфа постоянному току

Материал провода	Диаметр, мм	Электрическое сопротивление постоянному току при $t = 20^{\circ}\text{C}$ , Ом/км.	
		1 км провода	1 км шлейфа
Сталь обыкновенная	5	7,03	14,06
	4	10,98	21,96
	3	19,52	39,04
Сталь медистая	5	7,43'	14,86
	4	11,61	23,22
	3	20,65	41,30
Биметалл (сталь-медь) БСМ-1	6	2,0	4,0
	4	4,0	8,0
	3	7,1,	14,2
Биметалл (сталь-алюминий) БСА	5,1	3,4	6,8
	<b>4,6</b>	4,0	8,0
Медь	4	1,49	2,98
	3,5	1,85	3,70
	3	<b>2,52</b>	5,04
	1,4	<b>11,9</b>	23,8
	1,2	15,95	31,9
	1,0	23,5	47,0
	0,9	28,5	57,0
	<b>0,8</b>	36,1	72,2
	0,7	48,0	96,0
	<b>0,6</b>	65,8	131,6
	0,5	95	190,0
<b>Алюминий</b>	1,8	11,9	23,8
	1,65	15,9	31,9
	1,15	28,5	

Таблица 2.2 – Основные параметры проводников

Материал	Удельное сопротивление, Ом·мм <sup>2</sup> /м, $\rho$	Температурный коэффициент $\alpha_t$ , Изменение электрического сопротивления постоянному току на $1^{\circ}\text{C}$
Сталь обыкновенная	0,138	0,00455
Сталь медистая	0,146	0,00455
Медь	0,0179	0,004
Алюминий	0,028	0,0042

По сравнению с величинами, указанными в таблице 2.1, на основании рекомендаций МККТ (Международный консультативный комитет по телефонии и телеграфии) допускается для воздушных линий связи повышение сопротивления медных проводов на 5, биметаллических на 7 %. Повышение сопротивления цепей из стальных проводов вследствие коррозии по сравнению с нормой возможно на 7 %.

Асимметрия мерных и биметаллических двухпроводных цепей на усилительный участок не должна превышать 2 Ом, для цепей из стальных проводов диаметром 4 и 5 мм – не более 10 Ом.

Сопротивление изоляции однопроводной цепи на 1 км длины линии по отношению к земле не должно быть ниже 2 МОм в сырую и 40 МОм в сухую погоду.

Сопротивление изоляции между проводами двухпроводной цепи должно быть примерно равно сумме сопротивлений изоляции каждого из проводов относительно земли.

Если разница в величинах сопротивлений изоляции отдельных проводов двухпроводной цепи относительно земли более 30 %, то цепь находится в неудовлетворительном состоянии.

В отличие от воздушных цепей сопротивление 1 км шлейфа кобеллиных линий при температуре +20 °С должно соответствовать величине, вычисленным по формулам:

- для цепи из медных жил –  $r_{к.м} \leq 46/d^2$  Ом/км;

- для цепи из алюминиевых жил –  $r_{к.м} \leq 75/d^2$  Ом/км.

Асимметрия сопротивлений одной пары жил кабеля на усилительный участок не должна превышать: для кабелей с медными жилами и кордельно-бумажной или стиролфлексной изоляцией  $R_A = \frac{0,23}{d^2} \sqrt{l}$ ; для таких же кабелей,

но с алюминиевыми жилами  $R_A = \frac{0,37}{d^2} \sqrt{l}$ .

В приведенных формулах  $d$  – диаметр жилы кабеля, мм;  $l$  – длина линии или участка, км.

Величина сопротивления изоляции каждой жилы кабеля по отношению к остальным жилам, соединенным между собой и с металлической обрешечкой при температуре 20° С, не менее 10 000 МОм·км.

При отклонении величин, характеризующих нормальное электрическое состояние цепей, от установленных норм и для предупреждения этих отклонений необходимо анализировать результаты измерений и устранять причины, вызывающие изменение электрического состояния проводов и кабелей.

## 2.3 Обработка результатов измерения

Результаты измерений на линиях связи для сравнения с нормами обрабатывают, т. е. приводят найденные величины к единице длины 1 км при температуре +20 °С.

Приведению подлежат величины: измеренное сопротивление изоляции между каждой жилой и остальными жилами, соединенными с землей (для кабелей с бумажной и кордельно-бумажной изоляцией жил); сопротивление шлейфа; затухание цепей.

Измеренные значения электрического сопротивления шлейфа (Ом/км) приводят к температуре +20° и длине 1 км по формуле

$$R_{шл20} = R_{шлт} \cdot K_{тш},$$

где  $R_{шлт}$  – измеренное значение электрического сопротивления шлейфа при температуре  $t$  °С;

$K_{тш}$  – поправочный коэффициент для расчета сопротивления шлейфа, определяемый по формуле

$$K_{тш} = \frac{1}{1 + \alpha_t (t - 20)},$$

где  $\alpha_t$  – температурный коэффициент сопротивления провода;

$t$  – температура окружающей среды, при которой проводились измерения;

$l$  – длина измеряемой линии., км.

Измеренные значения сопротивления шлейфа проводов должны соответствовать паспортным данным (см. табл. 2.1).

## 3 Измерения постоянным током

### 3.1 Измерения сопротивления шлейфа

Сопротивление шлейфа цепей линии связи измеряют:

- на смонтированных секциях;
- усилительных участках магистральных кабелей и воздушной линии связи;
- между оконечными устройствами (боксами) кабелей местной связи, вторичной коммутации;
- кабельных вставках воздушной линии связи.

Сопротивление шлейфа линий связи измеряют мостовыми схемами. Схема измерений изображена на рисунке 1.

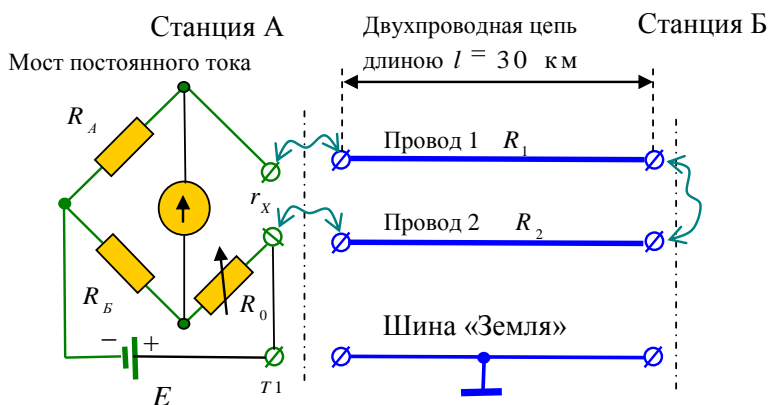


Рис. 1. Схема измерения сопротивления шлейфа

На станции *A* провода цепи *Л1* и *Л2* подключаются к измерительному мосту постоянного тока, а на станции *B* замыкаются накоротко.

На измерительном мосту устанавливают отношение плеч  $R_a$  и  $R_b$  постоянным. Ставят переключатель  $\Pi$  в положение *I*. Изменяют величину сопротивления  $R_0$  до тех пор, пока стрелка гальванометра  $G$  не установится на минимум.

Сопротивление шлейфа (Ом) определяется по формуле

$$R_{ш.л.т} = N R_0,$$

где  $N = \frac{R_a}{R_b}$  – отношение плеч моста постоянного тока;

$R_0$  – сопротивление плеча сравнения, Ом.

Обработать результаты: в соответствии с п. 2.3. Сделать заключение о пригодности линии к эксплуатации.

### 3.2 Измерение асимметрии проводов цепи линии связи

Асимметрию сопротивления цепи линии связи измеряют с целью контроля качества соединения проводов. Допустимые значения асимметрии проводов приведены в п. 2.2.

Асимметрию сопротивлений проводов цепей линии связи измеряют росто-вым методом. Схема измерений изображена на рис. 2.

На станции *A* к измерительному мосту постоянного тока подключить провода цепи *Л1* и *Л2*, а на станции *B* соединить их накоротко и подсоединить к вспомогательному проводу (или к земле).

Вспомогательный провод на станции *A* подсоединить к клемме «Корпус» измерительного моста. Измерение проводить в такой последовательности.

На измерительном мосту установить отношение плеч  $R_a$ , и  $R_b$  постоянным  $\left( N = \frac{R_a}{R_b} \right)$ .

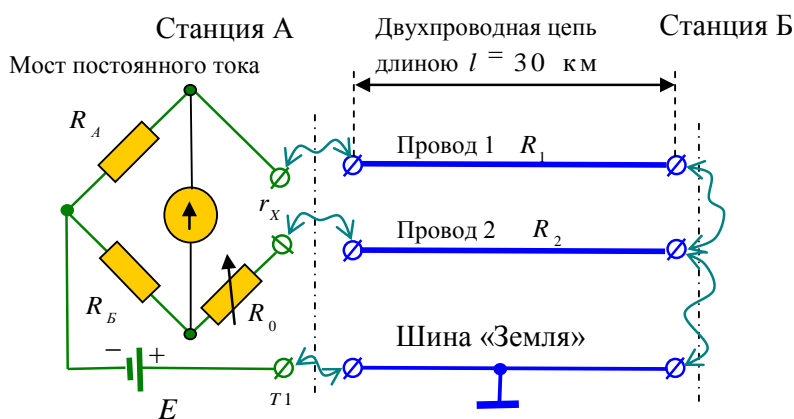


Рис. 2. Схема измерения омической асимметрии

Поставить ключ П в положение 2 и, изменяя величину сопротивления плеча сравнения  $R_0$ , уравновесить мост. Величину сопротивления проводов исследуемой цепи  $R_1$  и  $R_2$  вычислить по формулам:

$$R_2 = \frac{R_{шл.т} - NR_0}{1 + N} \quad R_1 = R_{шл.т} - R_2,$$

где  $R_{шл.т}$  – сопротивления шлейфа (измеренное в соответствии с п. 3.1);

$N$  – отношение плеч моста постоянного тока.

Зная величины  $R_1$  и  $R_2$ , можно определить асимметрию цепи, как

$$R_a = R_1 - R_2.$$

Асимметрия не должна превышать допустимые нормы (см. п. 2.2).

### 3.3 Измерение сопротивления изоляции проводов цепи

3.3.1 Провода исследуемой цепи на станции А подключить к мегомметру, а на противоположном конце (станция В) отключить от нагрузки (цепь работает в режиме холостого хода) и измерить сопротивление изоляции между проводами  $R_{уз.1,2}$

3.3.2 Измерить сопротивление изоляции проводов цепи по отношению к земле, для чего на станции А к мегомметру поочередно подключить к одному из зажимов исследуемый провод цепи, а к другому подключить «землю». На станции В провода изолировать между собой и «землей».

3.3.3 Определить километрическое сопротивление изоляций проводов цепи между собой и по отношению к земле, МОм·км:

$$R_{уз} = R_{уз.1,2} \cdot l$$

3.3.4 Определить асимметрию изоляции проводов относительно «земли», МОм·км:

$$R_{Ауз} = R_{уз1} - R_{уз2}.$$

3.3.5 Сравнить полученные значения сопротивления изоляции проводов с нормами. Сделать вывод о возможности эксплуатации исследуемой цепи.



## 4 Порядок выполнения работы

4.1 Ознакомиться с нормами содержания линий связи, автоматики и телемеханики.

4.2 Ознакомиться с описанием моста постоянного тока и мегомметра.

4.3 Ознакомиться с описанием универсального измерительного прибора.

4.4 Ознакомиться с лабораторным макетом четырехпроводной воздушной линии связи.

4.5 Измерить сопротивление шлейфа, для чего собрать схему в соответствии с рис. 1 и в соответствии с п. 3.1 провести измерения.

4.6 Обработать результаты измерений в соответствии с п. 2.3. Сделать выводы о пригодности линии к эксплуатации.

4.7 Измерить омическую асимметрию цепи, для чего собрать схему в соответствии с рис. 2. Провести измерения и расчеты согласно п. 3.2. Полученные результаты сравнить с нормой. Сделать выводы о пригодности линии к эксплуатации.

4.8 Измерить сопротивление изоляции проводов цепи.

4.9 Сделать выводы о возможности эксплуатации линии связи.

## 5 Оборудование и приборы

5.1 Лабораторный макет четырехпроводной линии связи.

5.2 Мост постоянного тока.



Рис. 3. Мост постоянного тока МО-62

## 5.3 Мегометр



Рис. 4. Мегометр М1101

## 6 Содержание отчета

6.1 Схемы измерений. Расчетные формулы и расчеты.

6.2 Выводы.

## 7 Контрольные вопросы

7.1 Как измерить сопротивление шлейфа?

7.2 Как измерить омическую асимметрию?

7.3 Как измерить сопротивление изоляции между проводами и между проводом и землей?

7.4 Причины отклонения от нормы сопротивления проводов и способы их выявления к устраненияя.

7.5 Причины отклонения от норм сопротивления изоляции проводов, способы их выявления и устраненияя.

7.6 Как изменяется сопротивление изоляции проводов в зависимости от метеорологических условий?

7.7 В чем заключается обработка результатов измерений?

7.8 Нормы содержания цепей связи.

7.9 Периодичность электрических измерений воздушных и кабельных линий.

7.10 Какие параметры цепи измеряют по постоянному току?

7.11 Какие параметры цепи измеряют на переменном токе?

## 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	Краткие сведения из теории .....	3
	2.1 Периодичность электрических измерений воздушных и кабельных линий .....	3
	2.2 Допустимые нормы сопротивления, асимметрии и сопротивления изоляции проводов и кабелей .....	3
	2.3 Обработка результатов измерения .....	6
3	Измерения постоянным током .....	6
	3.1 Измерения сопротивления шлейфа .....	6
	3.2 Измерение асимметрии проводов цепи линии связи .....	7
	3.3 Измерение сопротивления изоляции проводов цепи .....	8
4	Порядок выполнения работы .....	9
5	Оборудование и приборы .....	9
6	Содержание отчета .....	10
7	Контрольные вопросы .....	10
	Рекомендуемая литература .....	11