

НПС



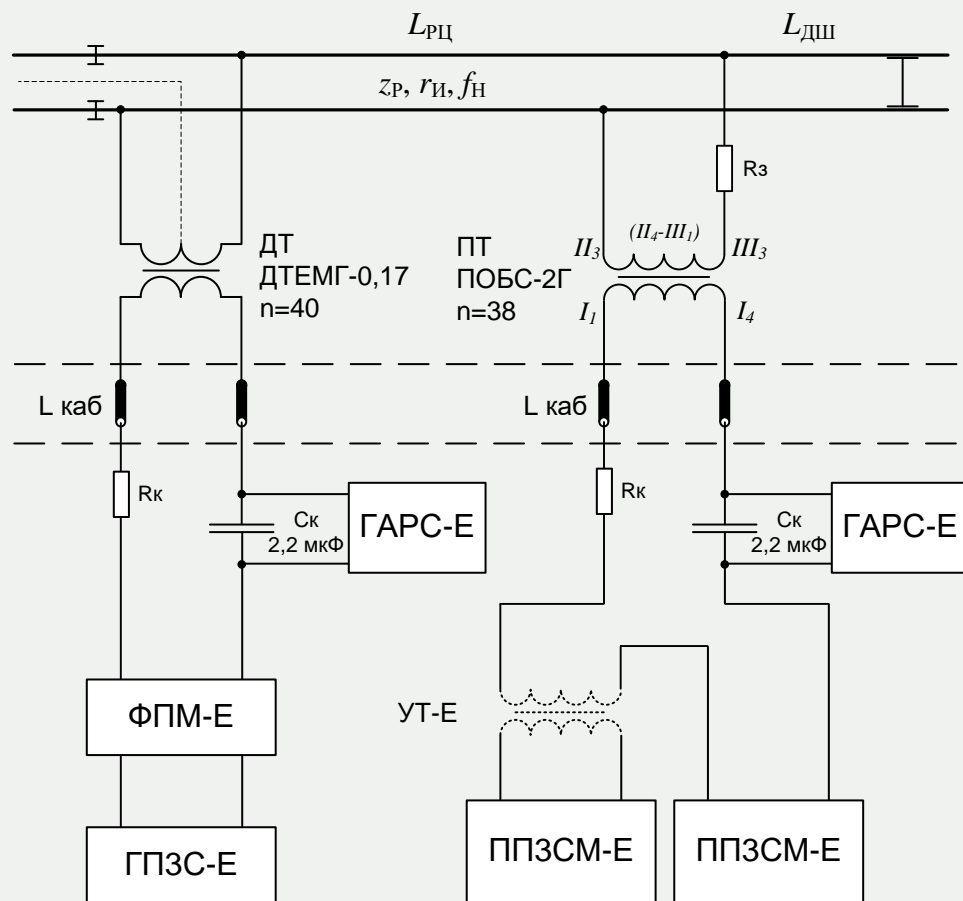
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ АВТОМАТИКА И ТЕЛЕМЕХАНИКА

*Комплексный подход к
разработке регулировочных
таблиц рельсовых цепей для
метрополитена*

*Щербина Е.Г.
ООО «1520 Сигнал»
технический директор*

КЛАССИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

Определение регулировочных характеристик рельсовой цепи таких, при которых РЦ выполняет свои функции по контролю занятости/свободности участка пути, целостности рельсов и передаче сигналов АЛС-АРС в заданных условиях эксплуатации



U_{Γ} – максимально допустимое напряжение путевого генератора;

U_{III} (мин. и макс.) – допустимое напряжение на входе путевого приёмника;

$K_{\text{шн}}$ – коэффициент чувствительности РЦ к нормативному шунту;

$K_{\text{ОР}}$ – коэффициент чувствительности РЦ к излому рельса;

$L_{\text{дш}}$ – длина зоны дополнительного шунтирования;

R_3 – номинальное сопротивление защитного резистора;

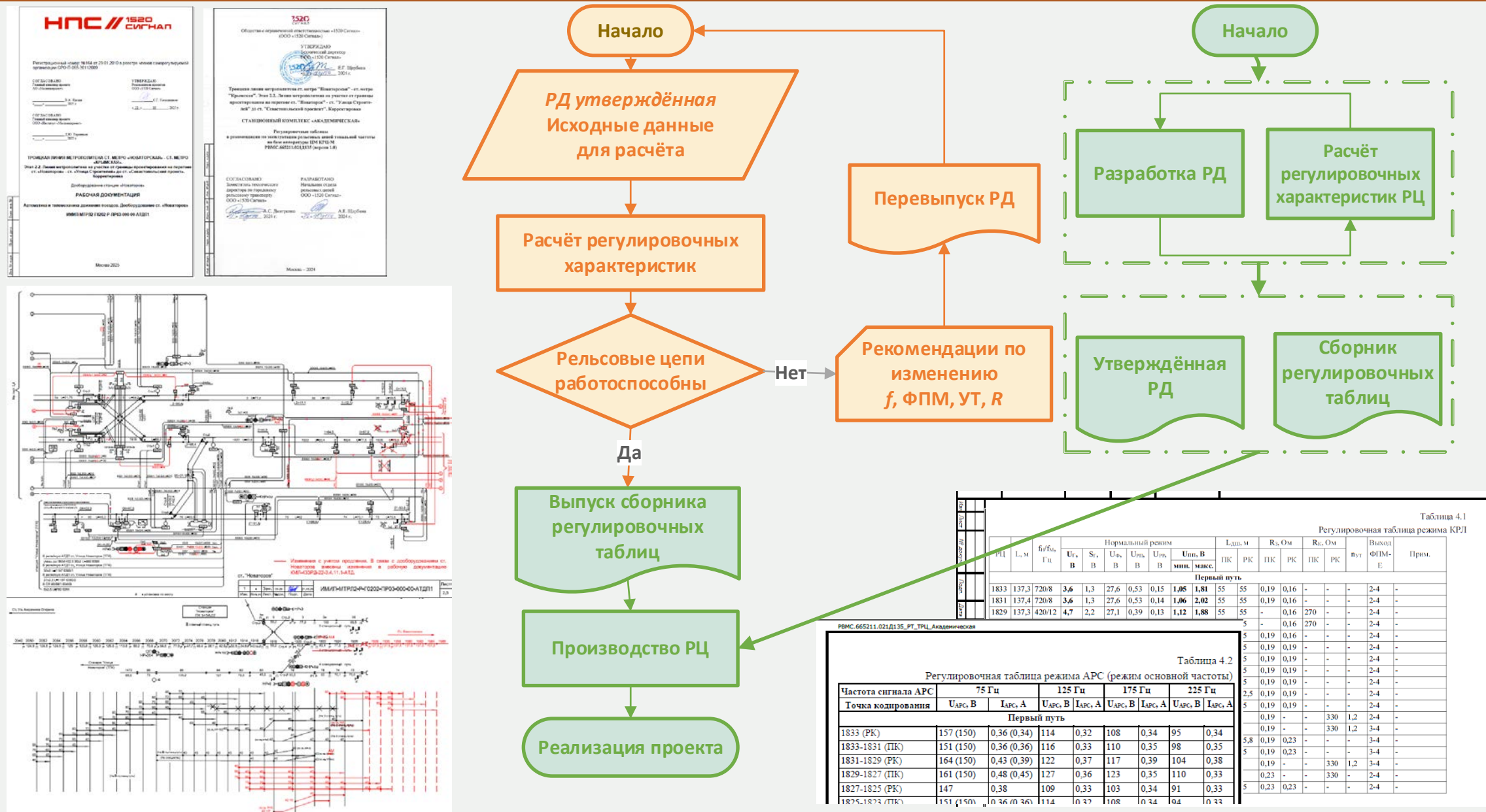
$R_{\text{К}}$ – номинальное сопротивление «кабельного резистора»;

$n_{\text{УТ}}$ – коэффициент уравнивающего трансформатора;
выход ФПМ;

$U_{\text{АРС}}$ – напряжение на выходе генератора сигналов АРС;

$I_{\text{АРС}}$ – максимальный ток на выходе генератора сигналов АРС.

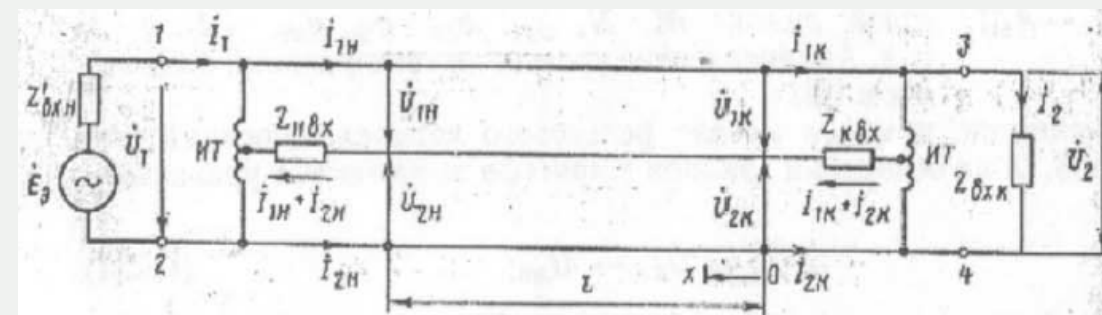
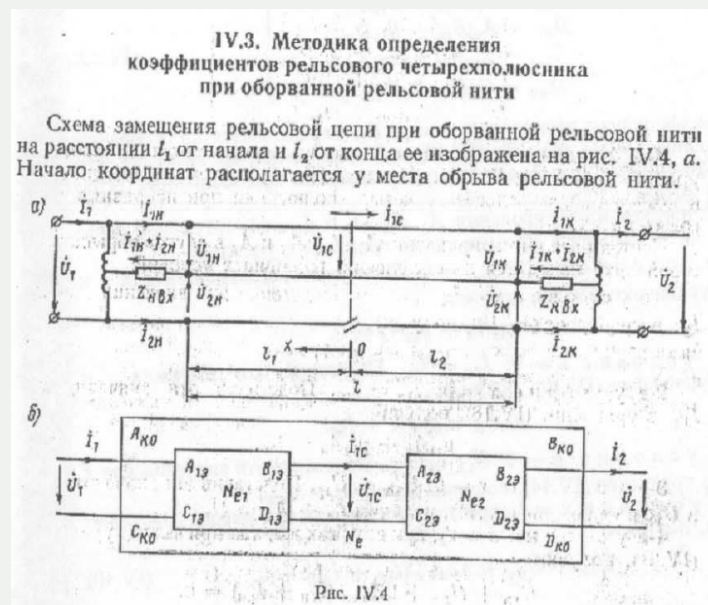
ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

1. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ

1.1 Использование известных моделей рельсовой линии в нормальном, контрольном и шунтовом режимах



$$\left. \begin{aligned} A_{но} &= \operatorname{ch} \gamma l + 2E \sqrt{1 + 2p} \operatorname{ch} \gamma l_1 \operatorname{sh} \gamma l_2; \\ B_{но} &= Z_{\text{н}} (\operatorname{sh} \gamma l + 2E \sqrt{1 + 2p} \operatorname{ch} \gamma l_1 \operatorname{ch} \gamma l_2); \\ C_{но} &= \frac{1}{Z_{\text{н}}} (\operatorname{sh} \gamma l + 2E \sqrt{1 + 2p} \operatorname{sh} \gamma l_1 \operatorname{sh} \gamma l_2); \\ D_{но} &= \operatorname{ch} \gamma l + 2E \sqrt{1 + 2p} \operatorname{sh} \gamma l_1 \operatorname{ch} \gamma l_2. \end{aligned} \right\} \quad (\text{IV.47})$$

```

1 def n_ko_from_book(l1, ri, l):
2     z_w = np.sqrt(Zr * ri)
3     gm = np.sqrt(Zr / ri)
4     l2 = l - l1
5     A_ko = ch(gm * l) + 2 * Er * np.sqrt(1 + 2 * P) * ch(gm * l1) * sh(gm * l2)
6     B_ko = z_w * (sh(gm * l) + 2 * Er * np.sqrt(1 + 2 * P) * ch(gm * l1) * ch(gm * l2))
7     C_ko = (1 / z_w) * (sh(gm * l) + 2 * Er * np.sqrt(1 + 2 * P) * sh(gm * l1) * sh(gm * l2))
8     D_ko = ch(gm * l) + 2 * Er * np.sqrt(1 + 2 * P) * sh(gm * l1) * ch(gm * l2)
9     return {'A': A_ko, 'B': B_ko, 'C': C_ko, 'D': D_ko}

```

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ

1.2 Разработка отсутствующих моделей рельсовой линии

Вопросы управления процессами перевозок

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОНТРОЛЬНОГО РЕЖИМА ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

Ю.А. Кравцов, профессор,
Ю.И. Зенкович, доцент,
В.С. Кузнецов, доцент,

Е.Г. Щербина, доцент,
А.А. Антонов, инженер

Рассмотрены особенности расчета контрольного режима работы тональных рельсовых цепей при подзависании источника питания в середине рельсовой линии, а также при ее разрыве. Получены расчетные выражения для определения коэффициентов эквивалентного четырехполюсника, замещающего рельсовую линию с обрывом одной из нитей.

Обобщены тональные рельсовые цепи с обрывом и тем, что в них питание осуществляется из середины. Схема замещения рельсовой цепи с двумя нитями представлена на рис. 1. Известны условия вычисления:

при $x = -l_1$: $I_{\text{св}} = I_{\text{св}}^0$; $U_{\text{св}} = U_{\text{св}}^0$; $I_{\text{св}} = 0$; $U_{\text{св}} = 0$; $I_{\text{св}} = 0$; $U_{\text{св}} = 0$;

при $x = 0$: $I_{\text{св}} = I_{\text{св}}^0$; $U_{\text{св}} = U_{\text{св}}^0$; $I_{\text{св}} = 0$; $U_{\text{св}} = 0$; $I_{\text{св}} = 0$; $U_{\text{св}} = 0$;

при $x = l_2$: $I_{\text{св}} = I_{\text{св}}^0$; $U_{\text{св}} = U_{\text{св}}^0$; $I_{\text{св}} = 0$; $U_{\text{св}} = 0$; $I_{\text{св}} = 0$; $U_{\text{св}} = 0$;

Кравцов Юрий Александрович, доктор техн. наук, профессор. Заслуженный изобретатель России, почтовый инженер-механик. Московский государственный университет путей сообщения (МГУПТ), кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте». Научные публикации: более 100, 4 монографии, 6 учебников, более 60 патентов.

Щербина Евгений Геннадьевич, канд. техн. наук, доцент. Заслуженный изобретатель России, почтовый инженер-механик. Московский государственный университет путей сообщения (МГУПТ), кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте». Научные публикации: более 100, 4 монографии, 6 учебников, более 60 патентов.

Антонов Антон Александрович, инженер. Московский государственный университет путей сообщения (МГУПТ), кафедра «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте». Научные публикации: более 100, 4 монографии, 6 учебников, более 60 патентов.

№ 2/2003

ISSN 2412-9186

TRANSPORT AUTOMATION RESEARCH

ЭЛЕКТРОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК 656.259.12

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ А-ПАРАМЕТРОВ ЭКВИВАЛЕНТНОГО ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ ПРИ ИЗЛОМЕ РЕЛЬСА БЕЗ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

ЩЕРБИНА Алексей Евгеньевич, канд. техн. наук, руководитель отдела рельсовых цепей;
e-mail: alexey.shcherbina@1520signal.ru

ЩЕРБИНА Евгений Геннадьевич, канд. техн. наук, доцент, технический директор;
e-mail: evgeny.shcherbina@1520signal.ru

```
def n_2e_ab1(l1, r1, b1, b2, b3, b4, c1, c2, z_rx2, z_rx3, z_rx4, dt1, dt2, dt3, dt4):
    z_w = np.sqrt(2r * r1)
    z_w1 = 0.5 * Er * z_w * np.sqrt(1 + 2 * P)
    z_w2 = 0.5 * z_w
    gm = np.sqrt(2r * r1)
    gm1 = (Er * gm) / (np.sqrt(1 + 2 * P))
    gm2 = gm
    y11 = 1 / z_w1
    y12 = 1 / z_w2
    x1 = -c2
    x2 = -c1 - c2
    x3 = -c1 - c2 - b1
    x4 = -c1 - c2 - b2
    x5 = -c2 - b3
    x6 = -b4

    # Отсутствие ДТ имитируется с помощью
    z_dt1 = z_w1 / 2 if dt1 else 1e-10
    z_dt2 = z_w1 / 2 if dt2 else 1e-10
    z_dt3 = z_w1 / 2 if dt3 else 1e-10
    z_dt4 = z_w1 / 2 if dt4 else 1e-10

    # Сначала сделаем нулевую матрицу
    A = np.zeros((28, 28), dtype=complex)
    # А затем зададим значения коэффициентов
    A[0, 0] = y11 * sh(gm1 * l1)
    A[0, 1] = y11 * ch(gm1 * l1)
    A[0, 2] = -y12 * sh(gm2 * l1)
    A[0, 3] = -y12 * ch(gm2 * l1)
    A[1, 1] = 1
    A[1, 5] = -1
    A[1, 25] = -1
    A[2, 3] = 1
    A[2, 7] = -1
    A[2, 27] = -1
    A[3, 0] = 1
    A[3, 4] = -1
    A[4, 2] = 1
    A[4, 6] = -1
    A[5, 0] = 1
    A[5, 24] = -1
    A[6, 2] = 1
    A[6, 26] = -1
    A[7, 4] = sh(gm1 * x1)
    A[7, 5] = ch(gm1 * x1)
```

ЭЛЕКТРОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

l_1 — расстояние от места разветвления участков рельсовой линии a, b, c до места излома рельса.

Пусть начало координат будет в месте разветвления участков рельсовой линии a, b, c , а положительное направление оси x — в сторону ПК.

Тогда для разных сечений принятой схемы замещения будут справедливы следующие значения координаты x :

- l_1 — место излома рельса;
- $x_1 = -c_1 - c_2$ — разветвление b, c ;
- $x_2 = -c_1 - c_2 - b_1$ — разветвление a, b, c ;
- $x_3 = -c_1 - c_2 - b_2$ — конец рельсовой линии b ;
- $x_4 = -c_1 - c_2 - b_3$ — конец рельсовой линии c ;
- $x_5 = -b_4$ — конец рельсовой линии a ;

Напряжения и токи, обозначенные на данной схеме, в соответствии с [1] (с. 84, 85), могут быть выражены с помощью следующих формул:

$$U_{\text{св}}^0 = A'_{\text{св}} \text{ch}(\gamma_{\text{св}} x) + A''_{\text{св}} \text{sh}(\gamma_{\text{св}} x) + A'_{\text{св}} \text{ch}(\gamma_{\text{св}} x) + A''_{\text{св}} \text{sh}(\gamma_{\text{св}} x), \quad (26)$$

$$U_{\text{св}}^0 = A'_{\text{св}} \text{ch}(\gamma_{\text{св}} x) + A''_{\text{св}} \text{sh}(\gamma_{\text{св}} x) - A'_{\text{св}} \text{ch}(\gamma_{\text{св}} x) - A''_{\text{св}} \text{sh}(\gamma_{\text{св}} x), \quad (27)$$

$$I_{\text{св}}^0 = y_{\text{св}} (A'_{\text{св}} \text{sh}(\gamma_{\text{св}} x) + A''_{\text{св}} \text{ch}(\gamma_{\text{св}} x)) + y_{\text{св}} (A'_{\text{св}} \text{sh}(\gamma_{\text{св}} x) + A''_{\text{св}} \text{ch}(\gamma_{\text{св}} x)), \quad (28)$$

$$I_{\text{св}}^0 = y_{\text{св}} (A'_{\text{св}} \text{sh}(\gamma_{\text{св}} x) + A''_{\text{св}} \text{ch}(\gamma_{\text{св}} x)) + y_{\text{св}} (A'_{\text{св}} \text{sh}(\gamma_{\text{св}} x) + A''_{\text{св}} \text{ch}(\gamma_{\text{св}} x)), \quad (29)$$

$$x = l_1; \quad I_{\text{св}}^0 = 0, \quad (30)$$

$$x = 0; \quad I_{\text{св}}^0 = 0, \quad (31)$$

$$I_{\text{св}}^0 = I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 = 0, \quad (32)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (33)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (34)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (35)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (36)$$

$$x = x_1 = -c_1 - c_2; \quad I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 = 0, \quad (37)$$

$$I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 = 0, \quad (38)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (39)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (40)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (41)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (42)$$

$$x = x_2 = -c_1 - c_2 - b_1; \quad I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 = 0, \quad (43)$$

$$I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 = 0, \quad (44)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (45)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (46)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (47)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (48)$$

$$x = x_3 = -c_1 - c_2 - b_2; \quad U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (49)$$

$$I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 + I_{\text{св}}^0 = 2I_{\text{св}}^0, \quad (50)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (51)$$

$$x = x_4 = -c_1 - c_2 - b_3; \quad U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (52)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (53)$$

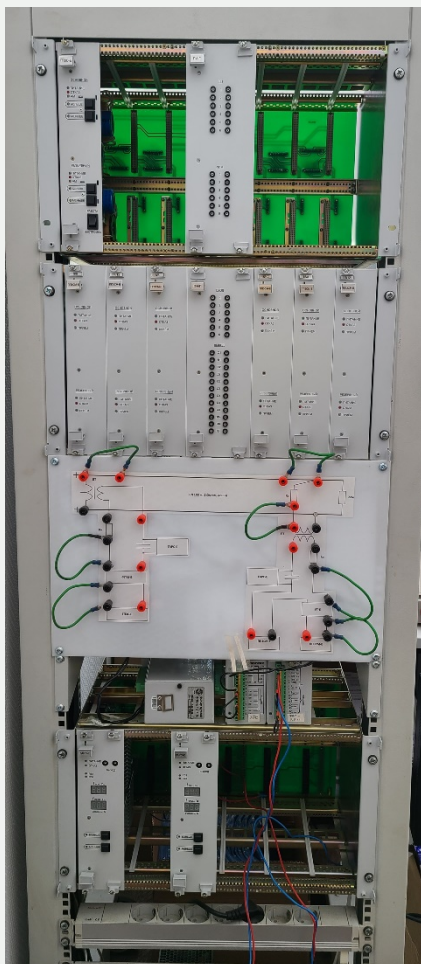
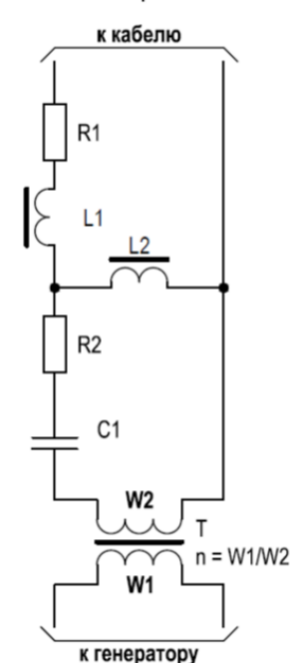
$$x = x_5 = -b_4; \quad U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (54)$$

$$U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 + U_{\text{св}}^0 = 0, \quad (55)$$

При подстановке в них вместо m «н» или «к», вместо l — верхнего индекса, относящегося к соответствующему участку рельсовой линии (для участка a верхний индекс отсутствует), вместо x — соответствующего значения, $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, I_8, I_9, I_{10}, I_{11}, I_{12}, I_{13}, I_{14}, I_{15}, I_{16}, I_{17}, I_{18}, I_{19}, I_{20}, I_{21}, I_{22}, I_{23}, I_{24}, I_{25}, I_{26}, I_{27}, I_{28}$ будут получены выражения для напряжений и токов в соответствующих местах схемы замещения, представленной на рис. 16.

На основании законов Кирхгофа, в соответствии со схемой, приведенной на рис. 16, можно задать граничные условия (30) — (56) для определения 28 постоянных интегрирования $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}, A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}, A_{15}, A_{16}, A_{17}, A_{18}, A_{19}, A_{20}, A_{21}, A_{22}, A_{23}, A_{24}, A_{25}, A_{26}, A_{27}, A_{28}$.

Измерение характеристик новой аппаратуры РЦ и проверка правильности модели в лаборатории

[illegible]

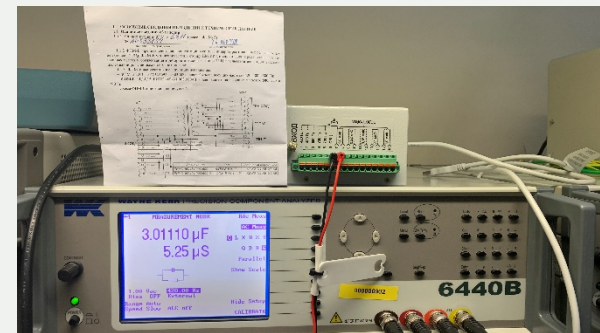
F, FPM	Zout, FPM	R1, Ом	R2, Ом	L1, Гн	L2, Гн	C1, Ф	n
420	800	8,328	5,1636	3,082E-03	2,436E-02	5,894E-06	1,080
	400	5,711	2,5623	1,396E-03	1,205E-02	1,191E-05	1,536
	140	3,306	0,9015	4,515E-04	4,199E-03	3,413E-05	2,600
480	800	8,334	5,4630	3,191E-03	2,425E-02	4,533E-06	1,035
	400	5,715	2,7085	1,450E-03	1,199E-02	9,144E-06	1,469
	140	3,307	0,9662	4,704E-04	4,180E-03	2,626E-05	2,490
580 выход 8,9,11	800	8,356	6,8246	3,604E-03	2,384E-02	3,154E-06	0,873
	400	5,727	3,3910	1,649E-03	1,179E-02	6,378E-06	1,241
	140	3,311	1,1927	5,388E-04	4,112E-03	1,831E-05	2,104
580 выход 11,14,15	800	6,862	4,5993	2,425E-03	1,603E-02	4,689E-06	1,065
	400	4,774	2,3679	1,123E-03	8,212E-03	9,157E-06	1,487
	140	2,714	0,8343	3,636E-04	2,870E-03	2,621E-05	2,517
720	800	6,885	5,0979	2,458E-03	1,600E-02	3,056E-06	0,993
	400	4,733	2,6195	1,153E-03	8,183E-03	5,974E-06	1,389
	140	2,719	0,9171	3,835E-04	2,850E-03	1,711E-05	2,351
780	800	6,893	5,7357	2,533E-03	1,592E-02	2,609E-06	0,915
	400	4,789	2,9698	1,197E-03	8,139E-03	5,112E-06	1,281
	140	2,721	1,0255	4,031E-04	2,831E-03	1,469E-05	2,172

Параметры в модели подбираются исходя их характеристик трансформатора Z1X, Z2X и Z2K

$$R1 = R2X$$
$$R2 = R2K - R2X$$
$$L1 = L2K$$

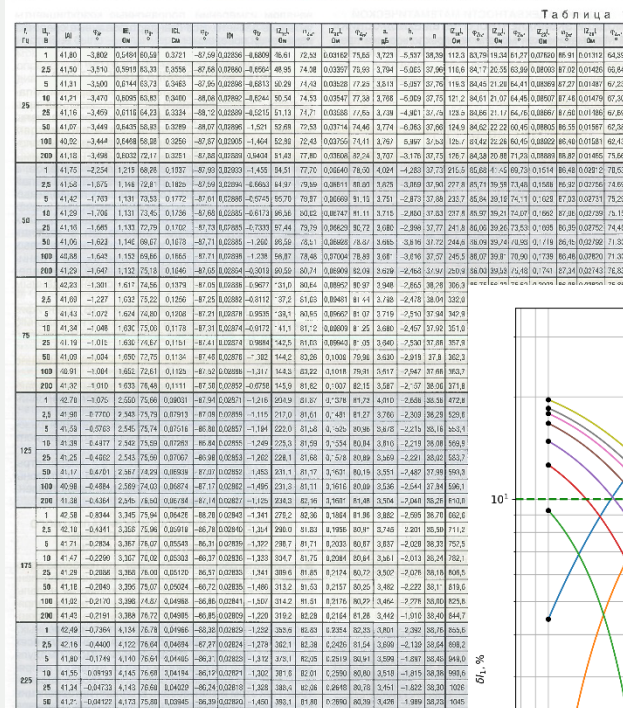
Емкость C1 подбиралась в модели на Orcad под резонанс Z2K всего Фильтра




N = Корень ($C1/C_{рез}$), где $C_{рез}$ - подборная емкость под последовательный резонанс с $Z1X$ трансформатора



Математические модели элементов РЦ

Измерение характеристик новой аппаратуры РЦ и проверка правильности модели в лаборатории



СОДЕРЖАНИЕ		АВТОМАТИКА СВЯЗЬ ИНФОРМАТИКА	
78 лет Победы			
Наумова Д.В.			
В ЧЕСТЬ ВЕЛИКОГО ПРАЗДНИКА		СТР. 2	
Новая техника и технология			
Сиделев П.С.			
Развитие системы видеоконтроля мобильными средствами диагностики.....	5		
Красильников В.С.			
Системы предупреждения персонала о приближении подвижного состава и перспективы их развития.....	7		
Морозов В.А., Кобзев В.А.			
Российские пневмоамперы для вагонных замкдителей.....	10		
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДРОССЕЛЬ-ТРАНСФОРМАТОРА		СТР. 17	
Щербина Е.Г., Щербина А.Е.			
Телекоммуникации			
Канаев А.К., Полин Э.В., Соколов А.В.			

$$A = \frac{Z'_{1BX} \cdot \frac{n}{m} \cdot Z'_{1BX}}{\sqrt{\frac{n}{m} \cdot (R'_2 - R''_2) \cdot (Z'_{1BX} - Z''_{1BX})}}, B = \frac{Z'_{1BX} \cdot R'_2 \cdot \frac{n}{m} \cdot Z'_{1BX} \cdot R'_2}{\sqrt{\frac{n}{m} \cdot (R'_2 - R''_2) \cdot (Z'_{1BX} - Z''_{1BX})}},$$

$$C = \frac{1 - \frac{n}{m}}{\sqrt{\frac{n}{m} \cdot (R'_2 - R''_2) \cdot (Z'_{1BX} - Z''_{1BX})}}, D = \frac{R'_2 \cdot \frac{n}{m} \cdot R'_2}{\sqrt{\frac{n}{m} \cdot (R'_2 - R''_2) \cdot (Z'_{1BX} - Z''_{1BX})}},$$

$$m = \frac{Z'_{1BX} - Z'''_{1BX}}{Z''_{1BX} - Z'''_{1BX}}, n = \frac{R'_2 - R'''_2}{R''_2 - R'''_2}.$$

НПС // **ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ
АВТОМАТИКА
И ТЕЛЕМЕХАНИКА**

МОСКВА, 3-Я МАГИСТРАЛЬНАЯ УЛИЦА, 10А

+7 (495) 901-15-20