

Инв. № 09.505.29

**УТВЕРЖДАЮ**  
Генеральный директор

 **О.В. ПЕРМЯКОВ**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2009г.

**Обследование сети постоянного тока  
ТЭЦ-9  
ОАО «Иркутскэнерго»**

**Технический отчет.**

Главный специалист, к.т.н.



**М.А. ШИША**

Руководитель группы



**О.А. МАЛИКОВ**

Инженер



**А.Г. РЕЗЧИКОВ**

**ЕКАТЕРИНБУРГ, 2009г.**

## Содержание

Реферат.....	6
Введение.....	7
1. Схема питания потребителей постоянного тока .....	8
2. Характеристика нагрузок системы постоянного тока.....	10
3. Характеристики аккумуляторных батарей .....	13
3.1 Определение фактического внутреннего сопротивления аккумуляторных батарей .....	14
3.2 Определение фактической разрядной емкости аккумуляторных батарей.....	15
3.3 Проверка достаточности емкости аккумуляторных батарей.....	16
4. Определение значений токов металлических и дуговых коротких замыканий.....	20
5. Проверка характеристик защитных аппаратов.....	22
5.1.Защита вводов рабочего и резервного питания ЩПТ-1 и ЩПТ-2.....	22
5.2.Защита присоединений ЩПТ-1 и ЩПТ-2.....	24
5.3. Проверка селективности защитных аппаратов.....	25
6. Проверка кабелей на термическую и пожарную стойкость.....	27
7. Определение остаточных уровней напряжения у потребителей в режиме аварийного получасового разряда аккумуляторных батарей .....	29
7.1.Определение остаточного уровня напряжения на зажимах электродвигателей аварийных маслонасосов.....	29
7.2.Определение остаточного уровня напряжения на электромагнитах включения выключателей ОРУ.....	31
Выводы и рекомендации.....	34
Список литературы.....	38

### Приложение.

- Рисунок 1. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-1.
- Рисунок 2. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-1.
- Рисунок 3. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-2.
- Рисунок 4. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-2.
- Рисунок 5. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-3.
- Рисунок 6. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-3.
- Рисунок 7. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-4.
- Рисунок 8. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-4.
- Рисунок 9. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-5.
- Рисунок 10. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-5.
- Рисунок 11. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-6.
- Рисунок 12. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-6.
- Рисунок 13. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-7.
- Рисунок 14. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-7.

- Рисунок 15. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-8.
- Рисунок 16. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-8.
- Рисунок 17. График нагрузки для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-1 при питании потребителей I СШ ЩПТ-1.
- Рисунок 18. График нагрузки для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-2 при питании потребителей II СШ ЩПТ-1.
- Рисунок 19. График нагрузки для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-3 при питании потребителей ЩПТ-2.
- Рисунок 20. График нагрузки для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-1(2) при питании потребителей I и II СШ ЩПТ-1.
- Рисунок 21. График нагрузки для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-1(3) при питании потребителей I СШ ЩПТ-1 и ЩПТ-2.
- Рисунок 22. Принципиальная схема установки для проведения опытов КЗ.
- Рисунок 23. Принципиальная электрическая схема определения внутреннего сопротивления АБ.
- Рисунок 24. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-1 при питании от АБ-1 с  $R_{доб}$ .
- Рисунок 25. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-1 при питании от АБ-1.
- Рисунок 26. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ КЗ в цепи взаиморезервирования ЩПТ-1 – ЩПТ-2 при питании от АБ-1
- Рисунок 27. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-1 с  $R_{доб}$  при питании от АБ-2.
- Рисунок 28. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-1 при питании от АБ-2.
- Рисунок 29. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-2 с  $R_{доб}$  при питании от АБ-3.
- Рисунок 30. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-2 при питании от АБ-3.
- Рисунок 31. Вольт-амперная характеристика аккумуляторной батареи АБ-1 типа СК-28.
- Рисунок 32. Вольт-амперная характеристика аккумуляторной батареи АБ-2 типа СК-20.
- Рисунок 33. Вольт-амперная характеристика аккумуляторной батареи АБ-3 типа 10OPzS-1000.
- Рисунок 34. Схема подключения испытательной установки для проведения опытов КЗ.
- Рисунок 35. Зависимость величины  $K_d$  от сопротивления цепи короткого замыкания.
- Рисунок 36. Карта селективности: Каб. перемычка на ЩПТ-2.
- Рисунок 37. Карта селективности: Цепи СВ ОРУ-110, 35кВ.
- Рисунок 38. Карта селективности: Цепи СВ РУСН-0,4 кВ

Рисунок 39. Карта селективности: Аварийное освещение на п. 12,13.  
Рисунок 40. Карта селективности: АМН-1.  
Рисунок 41. Карта селективности: Мотор-генератор связи.  
Рисунок 42. Карта селективности: Цепи СВ и АГП ТГ 1-6.  
Рисунок 43. Карта селективности: АМН-5.  
Рисунок 44. Карта селективности: Цепи СВ РУСН-6 кВ яч.136.  
Рисунок 45. Карта селективности: АМН-3.  
Рисунок 46. Карта селективности: Питание РЩ ОРУ-35 кВ.  
Рисунок 47. Карта селективности: Разрядное сопротивление.  
Рисунок 48. Карта селективности: ВАЗП-1.  
Рисунок 49. Карта селективности: РВ-1.  
Рисунок 50. Карта селективности: ВАЗП-2.  
Рисунок 51. Карта селективности: Цепи СВ ОРУ-110, 35кВ.  
Рисунок 52. Карта селективности: АМН-2.  
Рисунок 53. Карта селективности: Питание сборки ЭТЛ.  
Рисунок 54. Карта селективности: Питание розеток ГЩУ =220В.  
Рисунок 55. Карта селективности: Цепи СВ РУСН-0,4 кВ.  
Рисунок 56. Карта селективности: Цепи СВ, АГП ТГ 1-6 и АМНУ.  
Рисунок 57. Карта селективности: АМН-6.  
Рисунок 58. Карта селективности: АМН-4.  
Рисунок 59. Карта селективности: Цепи СВ РУСН-6 кВ яч.701.  
Рисунок 60. Карта селективности: Цепи СВ ХВО.  
Рисунок 61. Карта селективности: Цепи управления ТРУ-1.  
Рисунок 62. Карта селективности: Сигнализация ГЩУ.  
Рисунок 63. Карта селективности: Цепи управления ГРЩУ-1.  
Рисунок 64. Карта селективности: Сигнализация ГрЩУ-3.  
Рисунок 65. Карта селективности: Цепи управления ХВО-1,2.  
Рисунок 66. Карта селективности: Питание ЭМБ ОРУ-35-110 кВ яч.19.  
Рисунок 67. Карта селективности: ЭМБ ОРУ яч.21.  
Рисунок 68. Карта селективности: Цепи управления РУСН-0,4 кВ.  
Рисунок 69. Карта селективности: Цепи управления ГЩУ.  
Рисунок 70. Карта селективности: Цепи управления ГЩУ.  
Рисунок 71. Карта селективности: Сигнализация ГрЩУ-1.  
Рисунок 72. Карта селективности: Цепи управления ГЩУ.  
Рисунок 73. Карта селективности: Сигнализация ГЩУ.  
Рисунок 74. Карта селективности: Цепи управления ГЩУ.  
Рисунок 75. Карта селективности: Цепи управления ХВО-3,4.  
Рисунок 76. Карта селективности: Цепи управления РУСН-0,4 кВ.  
Рисунок 77. Карта селективности: Сигнализация ГрЩУ-2.  
Рисунок 78. Карта селективности: Цепи управления РУ-6 кВ яч. 136.  
Рисунок 79. Карта селективности: Цепи управления ГРЩУ-3.  
Рисунок 80. Карта селективности: Цепи управления РУ-6 кВ яч. 701.  
Рисунок 81. Карта селективности: Цепи управления ГРЩУ-2.  
Рисунок 82. Карта селективности: СВ ТРУ-2.  
Рисунок 83. Карта селективности: Питание ЭМБ II очереди.  
Рисунок 84. Карта селективности: СВ С-10Р.  
Рисунок 85. Карта селективности: СВ РУСН-II очереди шкаф №1.

Рисунок 86. Карта селективности: Вторичные цепи рел.щит ОРУ-110 кВ.  
Рисунок 87. Карта селективности: Питание сигнализации II очереди п.68р.  
Рисунок 88. Карта селективности: Питание ШУ ГрЩУ-4 п.51.  
Рисунок 89. Карта селективности: Питание ШУ ГрЩУ-4 п.п.т.  
Рисунок 90. Карта селективности: ЦУ АМН ТГ-8.  
Рисунок 91. Карта селективности: Питание переносных стендов РЩ ОРУ-110.  
Рисунок 92. Карта селективности: СВ МВ-10 кВ ТОСН-1,2.  
Рисунок 93. Карта селективности: СВ МВ-10 кВ ТГ-8.  
Рисунок 94. Карта селективности: СВ ОРУ-100кВ яч.15-31.  
Рисунок 95. Карта селективности: АМНУ-7.  
Рисунок 96. Карта селективности: АМН-7.  
Рисунок 97. Карта селективности: АМН-8.  
Рисунок 98. Карта селективности: АМНУ-8.  
Рисунок 99. Карта селективности: НРТ.  
Рисунок 100. Карта селективности: ЦУ РУСН 6-кВ III оч.С.10Р.  
Рисунок 101. Карта селективности: Питание шинок сигнализации.  
Рисунок 102. Карта селективности: Зап. Панели датчиков и реле ТГ-7.  
Рисунок 103. Карта селективности: ЦУ РУСН-Поч. Шкаф.№1.  
Рисунок 104. Карта селективности: ЦУ ТРУ-2.  
Рисунок 105. Карта селективности: ЗМГ.  
Рисунок 106. Карта селективности: ЦУ РУСН 6-кВ III оч.С.10Р.  
Рисунок 107. Карта селективности: Зап. Панели датчиков и реле ТГ-7.  
Рисунок 108. Карта селективности: Цепи упр. РУСН-Поч. Щ-9Н п.11.  
Рисунок 109. Карта селективности: Цепи управления ТРУ-2.  
Рисунок 110. Карта селективности: Панель аварийного освещения.  
Рисунок 111. Карта селективности: Резервное питание от ЩПТ-1 п.1.  
Рисунок 112. Карта селективности: СВ ОРУ-100кВ яч.31-1.  
Рисунок 113. Карта селективности: СВ МВ-10 кВ ТОСН-1,2.  
Рисунок 114. Карта селективности: СВ МВ-10 кВ ТГ-8.  
Рисунок 115. Карта селективности: СВ ТРУ-2.  
Рисунок 116. Карта селективности: Цепи защит ГрЩУ-5.  
Рисунок 117. Карта селективности: СВ С-10Р.  
Рисунок 118. Карта селективности: СВ РУСН-II очереди шкаф.№2.  
Рисунок 119. Карта селективности: Цепи защит ГрЩУ-5 пс.2-220.  
Рисунок 120. Карта селективности: Цепи сигнализации ГрЩУ-5 пан.п.т.  
Рисунок 121. Карта селективности: Питание ШС ГрЩУ-4 п.51.  
Рисунок 122. Карта селективности: Релейный щит ОРУ-110кВ.  
Рисунок 123. Карта селективности: Цепи сигнализации Поч. п.68р.

## Реферат

**Отчет:** 37 страниц, 123 рисунка, 12 таблиц.

**Аккумуляторная батарея, щит постоянного тока, короткое замыкание, автоматический выключатель, предохранитель, термическая стойкость, пожарная стойкость.**

Экспериментально определены значения пусковых токов электродвигателей аварийных маслоснасосов смазки турбин и уплотнения валов генераторов (ТГ) № 1-8. Произведено определение фактических внутренних сопротивлений аккумуляторных батарей (АБ) АБ-1, АБ-2 и АБ-3 в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60896-2-99 /4/. Произведена проверка достаточности емкостей аккумуляторных батарей в нормальных и аварийных режимах работы. Проведены опыты металлических коротких замыканий (КЗ) в цепях вводов рабочего питания АБ-1, АБ-2 и АБ-3. В соответствии с ГОСТ 29176–91 /10/ определены наиболее вероятные значения токов КЗ. Выполнена проверка чувствительности защитных аппаратов к токам дугового КЗ. Произведена проверка термической и пожарной стойкости кабелей в соответствии с ГОСТ 28895-91 /14/ и циркуляром № Ц-02-98(Э) /15/. Определены остаточные уровни напряжений на зажимах электродвигателей аварийных маслоснасосов и электромагнитах включения выключателей ОРУ.

На основании результатов, полученных при выполнении работы, разработаны рекомендации, выполнение которых будет способствовать снижению аварийности и повысит надежность и пожаробезопасность работы оборудования ТЭЦ-9.

## Введение

Настоящая работа является частью комплекса работ, проводимых ЗАО «Уралэнерго-Союз» на электростанциях и подстанциях с целью повышения надежности работы систем собственных нужд (СН) постоянного и переменного тока напряжением ниже 1000В.

Основными условиями обеспечения высокой надежности систем постоянного тока является обеспечение требуемого уровня напряжений у потребителей, достаточность емкости аккумуляторных батарей в режиме аварийного получасового разряда и селективная защита цепей сети постоянного тока от металлических и дуговых коротких замыканий (КЗ).

Наиболее опасными режимами в электрических сетях и электроустановках являются режимы не отключенного короткого замыкания и короткого замыкания с большим временем отключения, которые могут возникнуть вследствие недостаточной чувствительности защитной аппаратуры к токам короткого замыкания. В результате длительного протекания тока короткого замыкания токопроводящие жилы нагреваются, что в ряде случаев приводит к существенным изменениям физико-химических свойств изоляции кабелей, самовозгоранию оболочек, пожару в кабельных сооружениях и в конечном итоге может привести к значительному материальному ущербу. Поэтому определение токов КЗ следует проводить исходя из достоверных данных о параметрах элементов сети, с учетом всех факторов, влияющих на значение токов КЗ.

С целью повышения надежности работы электроустановок и предотвращения пожаров в кабельных хозяйствах энергообъектов, Департаментом РАО "ЕЭС России" был выпущен циркуляр № Ц-02-98 (Э) «О проверке кабелей на невозгорание при воздействии тока короткого замыкания». В соответствии с требованиями ГОСТ 28895-91 и циркуляра № Ц-02-98 (Э) на ТЭЦ-9 произведена проверка кабелей сети постоянного тока на термическую и пожарную стойкость на основе значений токов коротких замыканий, полученных с учетом фактических параметров существующей сети при проведении натурных испытаний, а так же полученных расчетным путем.

На основании полученных результатов проверены характеристики существующей защитной аппаратуры по условиям длительно допустимой нагрузки, чувствительности к токам короткого замыкания, отстройке от толковых токов. Составлены карты селективности для каждого присоединения ЩПТ-1 и ЩПТ-2, которые позволяют наглядно оценить время-токовые характеристики согласуемых защит.

Для составления карт селективности использовалась специальная программа «КА-5 Характеристика», предназначенная для оцифровки функциональных характеристик элементов электрической цепи, создания и управления базой данных оцифрованных характеристик, а так же подготовки документов для обработки информации и печати.

# 1 Схема питания потребителей постоянного тока

Для питания потребителей постоянного тока ТЭЦ-9 предусмотрено два щита постоянного тока (ЩПТ). ЩПТ-1 расположен в помещении главного щита управления (ГЩУ), ЩПТ-2 расположен на территории открытого распределительного устройства (ОРУ).

ЩПТ-1 имеет две системы шин (СШ). Между системами шин имеется шиносоединительный рубильник, предназначенный для резервирования питания потребителей АБ-2 от АБ-1, который нормально отключен. Установленные аккумуляторные батареи АБ-1 типа СК-28 и АБ-2 типа СК-20 питают I и II системы шин соответственно.

ЩПТ-2 имеет две системы шин. Между системами шин имеется шиносоединительный рубильник, который нормально включен. Установленная аккумуляторная батарея АБ-3 типа 10OPzS-1000 подключена к II системе шин.

Между ЩПТ-1 и ЩПТ-2 имеется цепь взаиморезервирования, которая используется для резервирования питания потребителей ЩПТ-1 IСШ и ЩПТ-2.

Характеристики установленных АБ приведены в таблице 1.

Рабочие и дополнительный элементы аккумуляторных батарей АБ-1 и АБ-2 работают в режиме постоянного подзаряда от устройств заряда – подзаряда типа ВАЗП-380/260-40/80-УХЛ4, которые имеют по заводским данным точность поддержания выходного напряжения  $\pm 2\%$ . Для заряда АБ-1 и АБ-2 используется зарядный мотор-генератор (РВ-1).

Рабочие и дополнительный элементы аккумуляторной батареи АБ-3 работают в режиме постоянного подзаряда от устройства заряда – подзаряда типа НРТ-160-220ХТ+НР-40-48ХТ, которое используется также для заряда АБ, и имеет по заводским данным точность поддержания выходного напряжения  $\pm 0,5\%$ .

Для поддержания необходимого уровня напряжения на шинах ЩПТ-1 и ЩПТ-2 в режиме аварийного получасового разряда предусмотрены элементные коммутаторы.

От I системы шин ЩПТ-1 питаются следующие потребители постоянного тока:

- цепи ШП электромагнитов включения генераторных выключателей ТГ-1 - ТГ-6, РУСН-6 кВ, ОРУ-110 кВ и ОРУ-35 кВ, релейный щит ОРУ-35 кВ;
- цепи питания электродвигателей аварийных маслососов смазки ТГ-1,3,5;
- цепи питания электродвигателей аварийных маслососов уплотнения ТГ-1 - ТГ-6;
- цепи управления, сигнализации, защит и автоматики технологического оборудования;
- аварийное освещение.

От II системы шин ЩПТ-1 питаются следующие потребители постоянного тока:

- цепи ШП электромагнитов включения генераторных выключателей ТГ-1 - ТГ-6, РУСН-6 кВ, ОРУ-110 кВ и ОРУ-35 кВ;
- цепи питания электродвигателей аварийных маслonaсосов смазки ТГ-2,4,6;
- цепи питания электродвигателей аварийных маслonaсосов уплотнения ТГ-1 - ТГ-6;
- цепи управления, сигнализации, защит и автоматики технологического оборудования.

От ЩПТ-2 питаются следующие потребители постоянного тока:

- цепи ШП электромагнитов включения генераторных выключателей ТГ-7 и ТГ-8, РУСН-6 кВ, ОРУ-110 кВ, релейный щит ОРУ-110 кВ;
- цепи питания электродвигателей аварийных маслonaсосов смазки и уплотнения ТГ-7 и ТГ-8;
- цепи управления, сигнализации, защит и автоматики технологического оборудования;
- аварийное освещение.

## 2 Характеристика нагрузок системы постоянного тока

По характеру нагрузки потребителей постоянного тока можно разделить на следующие категории:

- постоянная нагрузка, остающаяся неизменной в нормальном, переходном и установившемся аварийных режимах (устройства управления, сигнализации и релейной защиты);
- временная нагрузка, характеризующая установившийся аварийный режим и остающаяся в течение всего времени его протекания неизменной (ток сети аварийного освещения, установившиеся токи электродвигателей аварийных маслососов);
- кратковременная (толчковая) нагрузка: пуск электродвигателей, включение и отключение приводов выключателей.

В соответствии с /1/ для электростанций, входящих в энергосистему, длительность исчезновения переменного тока допускается не более 30 минут. В течение этого времени, в установившемся аварийном режиме, нагрузка потребителей постоянного тока равна сумме постоянной и временной нагрузок.

Наибольшая толчковая нагрузка может иметь место в начальный момент аварийного режима, в зависимости от моментов пуска электродвигателей аварийных маслососов или в конце аварийного режима во время включения приводов выключателей.

Токи постоянной нагрузки ЦПТ ТЭЦ-9 составляют:

- АБ-1 – 33А;
- АБ-2 – 24А;
- АБ-3 – 20А.

Значение тока сети аварийного освещения по данным эксплуатационного персонала для ЦПТ-1 и ЦПТ-2 составляет соответственно:

- $I_{\text{авар.освещ.шпгт.-1}} = 130\text{А};$
- $I_{\text{авар.освещ.шпгт.-2}} = 40\text{А}$

Значения пусковых токов и токов установившихся режимов работы электродвигателей аварийных маслососов смазки турбин (АМН) и уплотнения (АМНУ) валов генераторов (ТГ) № 1-8 полученные путем осциллографирования процесса пуска, приведены в таблице 2.

Осциллограммы пусковых токов электродвигателей приведены на рисунках 1-16. Полученные в процессе осциллографирования значения установившихся токов ( $I_{\text{уст.}}$ ) электродвигателей аварийных маслососов, как правило, ниже значений  $I_{\text{уст.}}$  при работе электродвигателей с реальной производительностью. Это отличие объясняется несоответствием режима работы электродвигателей в ходе осциллографирования реальному режиму работы при исчезновении переменного тока. Для дальнейших расчетов принимаем  $I_{\text{расч}} = 0,8 \times I_{\text{ном.эл.двигателя}}$ , но при проверке аппаратов защиты питания электродвигателей аварийных маслососов считаем, что  $I_{\text{расч}} = I_{\text{ном.эл.двигателя}}$ . Из таблицы 2 видно, что двигатели аварийных маслососов АМНУ ТГ № 1-8 имеют большие значения пусковых токов, то есть их кратность превышает 4 о.е. Данные значения пусковых токов недопустимы, так как могут привести к

возникновению кругового огня в якоре и впоследствии к его разрушению. Причиной больших значений пусковых токов может являться отсутствие либо неверные значения пусковых сопротивлений в цепях питания электродвигателей. Для снижения пусковых токов необходимо выбрать и установить в цепь питания электродвигателей пусковые сопротивления, при которых значение кратности пускового тока не будет превышать 4 о.е.

Наиболее удобной формой анализа работы потребителей системы постоянного тока электростанции является построение графика работы системы постоянного тока  $I_{\text{нагр}}=f(t)$  для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения.

График  $I_{\text{нагр}}=f(t)$  для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-1 при питании потребителей I СШ ЩПТ-1 приведен на рисунке 17.

График  $I_{\text{нагр}}=f(t)$  для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-2 при питании потребителей II СШ ЩПТ-1 приведен на рисунке 18.

График  $I_{\text{нагр}}=f(t)$  для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-3 при питании потребителей ЩПТ-2 приведен на рисунке 19.

В том случае, если аварийное исчезновение переменного напряжения произошло в период вывода в ремонт какой-либо из АБ, питание потребителей постоянного тока должно быть обеспечено от резервирующей АБ.

График  $I_{\text{нагр}}=f(t)$  для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-1(АБ-2) при питании потребителей I и II СШ ЩПТ-1 приведен на рисунке 20.

График  $I_{\text{нагр}}=f(t)$  для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-3 при питании потребителей ЩПТ-2 от I СШ АБ-1 приведен на рисунке 21.

Наиболее тяжелым (расчетным) режимом для системы постоянного тока является режим аварийной потери переменного напряжения в сети РУСН-6кВ. В этом случае происходит обесточивание всех секций РУСН-0,4 кВ. Вследствие последнего происходит обесточивание электродвигателей рабочих маслососов переменного тока ТГ №1-8, включение аварийных маслососов смазки и уплотнения постоянного тока, включение сети аварийного освещения. Электродвигатели аварийных маслососов смазки и уплотнения постоянного тока пускаются позднее за счет работы в начале выбега агрегата главного маслососа. Пуск аварийных маслососов уплотнения генераторов принимается через 30 секунд после начала аварийного режима, маслососов смазки генераторов - через 1 минуту. В конце аварийного режима необходимо обеспечить включение выключателя с наиболее мощным электромагнитом включения (рисунки 17-21).

Для проверки аппарата защиты ввода рабочего питания и батареи АБ-2, питающей нагрузку постоянного тока от ПСШ ЩПТ-1 по толчковому режиму, является режим включения выключателя У-110 с электромагнитом включения типа ШПЭ-46 в конце режима аварийного получасового разряда аккумуляторной батареи (рисунок 20). Расчетным током для проверки

аппарата защиты ввода питания и батареи АБ-1(АБ-3) в режиме взаиморезервирования по толчковому режиму, является режим включения АМНУ-3 (рисунок 21).

### 3 Характеристики аккумуляторных батарей

Установленные на ТЭЦ аккумуляторные батареи АБ-1 и АБ-2 типа СК относятся к типу аккумуляторов с положительными электродами большой поверхности типа Планте. Установленная аккумуляторная батарея АБ-3 типа OPzS относится к аккумуляторам с панцирными (трубчатыми) положительными электродами.

Основными требованиями, предъявляемыми к аккумуляторным батареям, питающим потребителей постоянного тока электростанций и подстанций, является высокая надежность и способность аккумуляторной батареи иметь расчетную емкость в режиме аварийного разряда в течение всего срока эксплуатации, а также длительный (не менее 20 лет) срок службы.

Основными факторами, влияющими на электрические параметры и длительность возможной эксплуатации батарей, являются:

- количество материала в элементе;
- толщина пластин;
- режим разряда;
- температура;
- концентрация электролита;
- пористость рабочего слоя;
- конструкция пластин.

Ряд причин ограничивает возможность полного использования активных материалов аккумулятора в условиях реальной эксплуатации.

Сульфат свинца, образовавшийся во время процесса разряда, является непроводником и увеличивает сопротивление активного материала пластин. Другой причиной неполного использования активного материала является закупорка пор пластин сульфатом свинца, препятствующим диффузии электролита.

Емкость аккумулятора при умеренном режиме разряда возрастает вместе с толщиной слоя активного материала при условии его пористости, в достаточной мере обеспечивающей доступ электролита в глубину рабочего слоя. При высоких скоростях разряда емкость элемента практически зависит только от размеров поверхности пластин, так как электролит не успевает проникнуть в поры пластин.

Область применения и особенности эксплуатации свинцово-кислотных аккумуляторов определяются их конструкцией. Определяющее значение имеет тип положительных пластин.

Электроды большой поверхности изготавливаются из чистого свинца и для увеличения поверхности профилируются. Активный слой на пластинах образуется из материала пластины, окислением поверхности свинца до диоксида свинца. Аккумуляторы с поверхностными пластинами содержат наибольшую долю свинца по отношению к активной массе в сравнении с другими типами, что и определяет их долговечность. А так же они обладают наименьшим внутренним сопротивлением и наилучшими значениями разрядных токов как в импульсе, так и при получасовом разряде. Батареи этого типа имеют срок службы не менее 20 лет.

Панцирная положительная пластина – положительная пластина, которая состоит из комплекта пористых трубок, заполненных активной массой с токоотводом внутри. Из-за конструктивных особенностей аккумуляторы типа OPzS при одинаковой емкости имеют более высокое внутреннее сопротивление по сравнению с аккумуляторами других типов. С другой стороны, панцирь препятствует оплыванию активной массы, что увеличивает продолжительность срока эксплуатации данных батарей до 15-18 лет. Аккумуляторы с панцирными положительными электродами в силу своей конструкции наименее пригодны для работы как в импульсе, так и при больших токах получасового разряда.

Температура имеет большое влияние на величину емкости. При низких температурах вязкость электролита увеличивается и ухудшается его циркуляция в порах пластин. Вязкость электролита начиная с 0°C составляет 30% от номинальной, измеренной при 20°C. Этим объясняется важность поддержания нормального температурного режима (+20°C) в помещении аккумуляторной батареи.

В дальнейшем при выборе АБ, вновь устанавливаемых на электростанции, необходимо руководствоваться рекомендациями информационного письма ИП-03-2000 (Э) «О закупке свинцово-кислотных аккумуляторов зарубежного производства» /2/, в частности:

- на электростанциях следует применять батареи с пластинами большой поверхности типа «Планте» (по классификации DIN – GroE);
- выбор типа аккумулятора должен выполняться в процессе проектирования с учетом параметров нагрузки.

Срок службы аккумуляторов типа GroE в составе батарей в режиме длительного подзаряда, при соблюдении действующих инструкций по вводу в эксплуатацию и эксплуатации, составляет не менее 25 лет.

### **3.1 Определение фактического внутреннего сопротивления аккумуляторных батарей**

Определение внутреннего сопротивления и вольт-амперных характеристик АБ производилось по методике, изложенной в /3/,/4/ с помощью испытательной установки для проведения опытов КЗ, принципиальная схема которой приведена на рисунке 22. Установка состоит из контактора, включенного последовательно, с двумя автоматическими выключателями, имеющими независимые расцепители, измерительного шунта, пульта управления, цепей регистрации напряжения на выводах АБ, шинах ЩПТ и измерительном шунте. Значения измеряемых параметров регистрировались цифровым регистратором БИМ-1141. Для определения внутреннего сопротивления АБ проведены два опыта межполюсного металлического КЗ:

- опыт межполюсного металлического КЗ на шинах ЩПТ;
- опыт межполюсного металлического КЗ на шинах ЩПТ с включенным в цепь КЗ добавочным сопротивлением  $R_{доб}=0,19$  Ом, ограничивающим значение тока до 1000 А.

Включение цепи на КЗ производится контактором, отключение – автоматическими выключателями по команде с пульта управления с

выдержкой времени  $t_k=0,1\text{с}$ . Выбранное время  $t_k$  позволяет получить установившийся процесс КЗ не изменяя уставок времени срабатывания защиты цепи ввода питания ЩПТ и производить опыты в условиях действующего ЩПТ. Схема включения испытательной установки при определении внутреннего сопротивления АБ приведена на рисунке 23.

Результаты проведения опытов КЗ приведены в таблице 3 и на рисунках 24-30.

Значение внутреннего сопротивления АБ при этом определяется по формуле:

$$R_{\text{вн}} = (U_2 - U_1) / (I_1 - I_2), \text{ Ом} \quad (3.1)$$

где  $U_1, U_2$  – напряжение на выводах АБ при токе металлического КЗ и токе КЗ с добавочным сопротивлением, В;

$I_1, I_2$  – ток металлического КЗ и ток КЗ при включенном в цепь добавочном сопротивлении, А.

В результате проведенных экспериментов были получены следующие значения внутренних сопротивлений АБ:

- АБ-1 СК-28 (106эл.),  $R_{\text{вн АБ-1}}=22,02 \text{ мОм}$
- АБ-2 СК-20 (106эл.),  $R_{\text{вн АБ-2}}=27,56 \text{ мОм};$
- АБ-2 100PzS1000 (104эл.),  $R_{\text{вн АБ-3}}=25,17 \text{ мОм};$

Вольт–амперные характеристики аккумуляторных батарей, полученные в результате проведенных экспериментов, приведены на рисунках 31-33.

При номинальной емкости, в соответствии с заводскими характеристиками, аккумуляторная батарея типа СК-28, состоящая из 106 элементов, имеет внутреннее сопротивление  $R_{\text{вн}}=20,5 \text{ мОм}$ . АБ типа СК-20, состоящая из 106 элементов, имеет внутреннее сопротивление  $R_{\text{вн}}=26,5 \text{ мОм}$ . То есть фактические внутренние сопротивления АБ-1 и АБ-2 превышают номинальные ориентировочно на 7% и 5% соответственно.

При номинальной емкости, в соответствии с заводскими характеристиками, аккумуляторная батарея типа 100PzS-1000, состоящая из 104 элементов, имеет внутреннее сопротивление  $R_{\text{вн}}=29,12 \text{ мОм}$ . То есть фактическое внутреннее сопротивление АБ-3 меньше номинального на 15%.

### **3.2 Определение фактической разрядной емкости аккумуляторных батарей**

Определение фактической разрядной емкости аккумуляторных батарей АБ-1, АБ-2 и АБ-3 проводилось эксплуатационным персоналом станции в соответствии с требованиями и по методике, изложенных в /3/,/4/.

Разряд проводился током десятичасового разряда  $I_{c10}$ :

- СК-28 –  $I_{c10}=100,8 \text{ А};$
- СК-20 –  $I_{c10}=72 \text{ А};$
- 100PzS 1000 –  $I_{c10}=100 \text{ А}.$

В процессе разряда осуществлялся постоянный контроль напряжения на выводах АБ, напряжения на каждом элементе и контроль плотности электролита в элементах.

Контрольный разряд АБ-1 был прекращен через 8 часов 50 минут по факту снижения напряжения на 46 элементе до значения 1,8 В/эл. Это говорит о том, что АБ имеет фактическую разрядную емкость не менее  $87\% C_{10ном}$ . Значения напряжений и плотности электролита каждого элемента, измеряемые при проведении разряда АБ-1, приведены в таблицах 4 и 5. В процессе разряда АБ-1 отмечены также низкие уровни у напряжений у элементов № 47;78;121 и значительный разброс напряжений на элементах.

Контрольный разряд АБ-2 был прекращен через 9 часа 45 минут по факту снижения напряжения на 87 элементе до значения 1,8 В/эл. Это говорит о том, что АБ имеет фактическую разрядную емкость не менее  $97\% C_{10ном}$ . Значения напряжений и плотности электролита каждого элемента, измеряемые при проведении разряда АБ-2, приведены в таблицах 6 и 7. В процессе разряда отмечен значительный разброс напряжений на элементах. Из полученных данных видно, что наиболее отстающими элементами являются элементы №41; 52; 70; 71; 78; 79; 99; 105.

Контрольный разряд АБ-3 был прекращен через 10 часов. Это говорит о том, что АБ имеет фактическую разрядную емкость не менее  $100\% C_{10ном}$ . Значения напряжений и плотности электролита каждого элемента, измеряемые в процессе разряда приведены в таблицах 8 и 9.

Для улучшения фактических параметров аккумуляторных батарей АБ-1 и АБ-2 необходимо исключить из состава батарей отстающие элементы. Довести плотность электролита в отстающих элементах до значения, нормируемом заводом изготовителем -  $1,24 \pm 0,01$  кг/л при  $+20^{\circ}\text{C}$ . При низких или высоких температурах следует учитывать корректировочный фактор, который составляет 0,0007кг/л на каждый  $^{\circ}\text{C}$ . Провести тренировочный цикл «разряд-заряд» с отстающими элементами. Если после проведения тренировочного цикла «разряд-заряд» у них не наблюдается улучшения фактических параметров, то необходимо окончательно вывести из эксплуатации. После проведения данных рекомендаций необходимо произвести контрольный разряд АБ-1 и АБ-2 током десятичасового разряда для определения их фактических емкостей.

### **3.3 Проверка достаточности емкости аккумуляторной батареи**

Емкость батареи выбирается исходя из требований обеспечения питания потребителей в режиме аварийного получасового разряда с учетом возможности обеспечения включения толчковой нагрузки в начале и в конце аварийного режима. При этом считаем, что:

- напряжение на каждом элементе АБ в конце разряда не менее 1,8В;
- емкость в конце срока эксплуатации (20лет) составляет не менее 80% номинальной;
- напряжение на шинах ЩИТ в конце аварийного получасового разряда не ниже  $85\% U_{ном} = 187$  В, напряжение у потребителей - не ниже  $80\% U_{ном} = 176$  В /6/;

- напряжение на зажимах электродвигателей во время переходного аварийного режима до 5 сек не ниже  $75\%U_{ном}=165В$  (пуск электродвигателя)/6/;
- расчетная температура электролита в аккумуляторах -  $+20^{\circ}C$ ;
- в начале режима аварийного получасового разряда щит постоянного тока получает питание от рабочих элементов аккумуляторной батареи;
- в конце режима аварийного получасового разряда элементным коммутатором введены в работу все дополнительные элементы аккумуляторной батареи.

Учитывая то, что вывод в ремонт какой-либо из АБ, заряд или ремонт цепи ввода рабочего питания ЩПТ являются вполне реальными эксплуатационными режимами с возможным продолжительным использованием цепей взаиморезервирования ЩПТ, а также то, что одновременно с этим, возможно аварийное исчезновение переменного напряжения в системе собственных нужд, достаточность емкости АБ должна быть обеспечена в следующих режимах:

- в нормальном режиме работы АБ и цепей вводов рабочего питания ЩПТ (без учета взаиморезервирования);
- при выводе из работы какой-либо из АБ (с учетом взаиморезервирования и требований надежности питания потребителей в аварийных ситуациях).

Выбор емкости батареи типа СК осуществляется по формуле:

$$N \geq 1,2 \times (I_{расч} / j), \quad (3.1)$$

где 1,2 – коэффициент учитывающий старение АБ,  
 $I_{расч}$  – ток установившегося получасового разряда, А,  
 $j$  – допустимая нагрузка аварийного разряда, А/Н  
 (в соответствии с данными ВНИАИ для АБ типа СК).

Полученный по (3.1) номер АБ округляется до ближайшего большего значения.

Для АБ типа СК-28 в соответствии с графиком нагрузки  $I_{нагр}=f(t)$  рисунок 17 и (3.1):

$$N \geq 1,2 \times (509/24) = 25,4,$$

что соответствует АБ типа СК-28 емкостью десятичасового разряда 1008 А/ч. Следовательно, установленная АБ-1 обладает достаточной расчетной емкостью только без учета взаиморезервирования. С учетом взаиморезервирования достаточная расчетная емкость АБ-1 обеспечиваться не будет (рисунок 20).

Для АБ типа СК-20 в соответствии с графиком нагрузки  $I_{нагр}=f(t)$  рисунок 18 и (3.1):

$$N \geq 1,2 \times (289/24) = 14,4,$$

что соответствует АБ типа СК-16 емкостью десятичасового разряда 576 А/ч., Таким образом установленная АБ типа СК-20 обладает достаточной расчетной емкостью только без учета взаиморезервирования. С учетом взаиморезервирования достаточная расчетная емкость АБ-2 обеспечиваться не будет (рисунок 20).

В соответствии с заводскими разрядными характеристиками, для АБ-3 типа 10OPzS-1000 допустимый установившийся разрядный ток при получасовом аварийном режиме разряда до напряжения 1,8В/эл составляет  $I_p=537A$ .

Из графиков нагрузки  $I_{нагр}=f(t)$  (рисунки 19,21) видно, что установившаяся нагрузка АБ-3 в режиме аварийного получасового разряда при питании потребителей ЩПТ-3 (без учета взаиморезервирования) и при питании потребителей ЩПТ-3 и I СШ ЩПТ ГЩУ (с учетом взаиморезервирования) составляет  $I_{расч.}=475A$  и  $I_{расч.}=983A$  соответственно. Следовательно, емкости АБ-3 достаточно для питания потребителей ЩПТ-2 в режиме аварийного получасового разряда только без учета взаиморезервирования.

Проверка установленных АБ-1 и АБ-3 по уровням напряжения при толковых нагрузках осуществляется в соответствии с графиком  $I_{нагр}=f(t)$  рисунок 21:

- в начале режима аварийного получасового разряда при значении  $I_T=1937A$  (при условии, что в работу введены все рабочие элементы АБ-1 и АБ-3), напряжение на шинах ЩПТ-1 составит 170 В при питании от АБ-1 и 172 В на шинах ЩПТ-2 при питании от АБ-3;
- в конце режима аварийного получасового разряда при значении  $I_T=1423A$  (при условии, что в работу введены все элементы АБ), напряжение на шинах ЩПТ составит 195В при питании от АБ-1 и 210 В при питании от АБ-3.

Проверка установленной АБ-2 по уровням напряжения при толковых нагрузках осуществляется в соответствии с графиком  $I_{нагр}=f(t)$  рисунок 20:

- в начале режима аварийного получасового разряда при значении  $I_T=1023A$  (при условии, что в работу введены все рабочие элементы АБ-2), напряжение на шинах ЩПТ-1 составит 189 В;
- в конце режима аварийного получасового разряда при значении  $I_T=1238A$  (при условии, что в работу введены все элементы АБ), напряжение на шинах ЩПТ составит 211 В.

Следовательно, в режиме максимальной толковой нагрузки при питании от АБ-1(3) в начале аварийного получасового разряда не обеспечивается требуемый уровень напряжения на шинах ЩПТ-1 и ЩПТ-2.

Для стабилизации напряжения на шинах ЩПТ рекомендуется использовать в цепях вводов рабочего питания от АБ взамен элементных коммутаторов, транзисторные устройства стабилизации напряжения (УТСП-М), применение которых также позволяет отказаться от применения дополнительных элементов аккумуляторной батареи.

Значение расчетного разрядного тока для АБ, в цепи питания которой предполагается использование УТСП-М, определяется по формуле:

$$I_{AB}=1,25 \times I_{расч} \quad (3.2)$$

где  $I_{расч}$  – ток установившегося аварийного получасового разряда, А

Согласно (3.2) для АБ при питании всех потребителей ЩПТ ГЩУ в режиме аварийного получасового разряда от одной из АБ (АБ-1 или АБ-2):

$$I_{AB}=1,25 \times 798=997 \text{ А.}$$

При выборе типа и емкости вновь устанавливаемых аккумуляторных батарей руководствуемся требованиями, предъявляемыми к АБ, которые были описаны выше.

Количество рабочих элементов АБ определяется по формуле:

$$n = \frac{U_{ЩПТ}}{U_{п.з}} = \frac{232}{2,23} = 104,$$

где  $U_{ЩПТ}$  – напряжение на шинах ЩПТ;

$U_{п.з.}$  – напряжение на элементе АБ в режиме подзаряда.

В соответствии с техническими условиями для АБ типа GroE производства концерна EXIDE Technologies /7/ для питания ИСШ ЩПТ-1 и ПСШ ЩПТ-1 при данных условиях могут быть применены две аккумуляторные батареи типа 13GroE-1300 емкостью десятичасового разряда 1300А/ч.

## 4 Определение значений токов металлических и дуговых коротких замыканий

Сравнение значений токов металлических коротких замыканий (КЗ), полученных в ходе многочисленных опытов проводимых на ряде электростанций и расчетных токов, показывает, что расчетное значение тока КЗ на 20-30% выше опытного. Это объясняется неточностью определения значений сопротивлений элементов цепи и невозможностью точного учета сопротивлений контактных соединений. При протекании по цепи тока КЗ, в месте контакта возникают силы, стремящиеся оттолкнуть контактирующие поверхности друг от друга. При этом сопротивление в месте контакта увеличивается, что приводит к снижению значения тока КЗ. Так как учет указанных выше факторов расчетным путем невозможен, то для получения достоверных результатов значений токов металлического КЗ на ТЭЦ-9 проводились опыты КЗ с помощью специальной установки. Схема подключения испытательной установки для проведения опытов КЗ приведена на рисунке 34.

При проведении опытов КЗ в цепи ввода рабочего питания и в цепях присоединений ЩПТ, питание потребителей ЩПТ осуществлялось от резервирующей АБ. Испытательная установка располагалась в непосредственной близости от ЩПТ.

Результаты проведения опытов КЗ на шинах ЩПТ-1, ЩПТ-2 и цепи взаиморезервирования между ними, приведены в таблице 3 и на рисунках 24-30.

Определение значений токов металлических КЗ в остальных цепях питания потребителей ЩПТ-1 и ЩПТ-2 проводилось расчетным путем.

В соответствии с /8/ ток металлического короткого замыкания (КЗ) в сети постоянного тока, питающейся от аккумуляторной батареи, определяется по формуле:

$$I_{к.м.} = (E_{расч} \times n) / (R_{аб} + R_{кз}), \quad (4.1)$$

где  $E_{расч} = 1,93$  В – расчетная ЭДС одного элемента;

$n$  – количество рабочих элементов батареи;

$R_{аб}$  – внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи, мОм;

$R_{кз}$  – сопротивление цепи короткого замыкания, мОм.

Сопротивление проводов, кабелей и шин может быть рассчитано по формуле:

$$R = \rho \times L \times 10^3 / S, \quad (4.2)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление (для меди  $\rho = 0,0172$  Ом $\times$ мм<sup>2</sup>/м, для алюминия  $\rho = 0,0283$  Ом $\times$ мм<sup>2</sup>/м);

$L$  – длина, м;

$S$  – сечение, мм<sup>2</sup>.

Данные по маркам, сечениям и длинам проводов и кабелей, используемых в системе постоянного тока, предоставлены эксплуатационным персоналом.

Как показали многочисленные эксперименты /9/, металлическое КЗ возможно только в случае его специальной подготовки с помощью болтового соединения проводников. Наиболее вероятным видом КЗ является дуговое. В соответствии с /10/ наиболее вероятное среднеквадратичное значение тока дугового КЗ может быть определено по формуле:

$$I_{к.д.ср} = I_{к.м} \times K_{д.ср}, \text{ А} \quad (4.3)$$

где  $I_{к.м}$  – значение тока металлического КЗ, А;  
 $K_{д.ср}$  – коэффициент влияния дуги, определяемый из графика  $K_{д}=f(R_{к})$  на рисунке 35 по кривой 2 для соответствующего значения  $R_{к}$ .

Наиболее вероятное амплитудное значение тока дугового КЗ определяется по формуле:

$$I_{к.д.а} = I_{к.м} \times K_{д.а}, \text{ А} \quad (4.4)$$

где  $K_{д.а}$  – коэффициент влияния дуги определяемый из графика зависимости  $K_{д}=f(R_{к})$  на рисунке 35 по кривой 1 для соответствующего значения  $R_{к}$ .

Необходимость знания среднеквадратичного и амплитудного значений токов дугового замыкания объясняется тем, что различные защитные устройства реагируют на протекание тока КЗ по-разному: предохранители и расцепители с обратной зависимой характеристикой времени срабатывания реагируют на среднеквадратичные значения, а малоинерционные мгновенные расцепители на амплитудные.

Опытные и расчетные значения токов металлического и дугового КЗ в системе постоянного тока ТЭЦ-9 приведены в таблице 10. Величины токов КЗ, приведенные в данной таблице рассчитаны для всех присоединений ЩПТ-1 при протекании тока КЗ от АБ-1 и АБ-2. Для ЩПТ-2 при протекании тока КЗ от АБ-1 и АБ-3 до первой сборки или первого распределительного щита каждого из присоединений.

## 5 Проверка характеристик защитных аппаратов

Аппараты защиты, установленные в цепи ввода рабочего и резервного питания и в цепях присоединений ЩПТ, должны удовлетворять следующим требованиям:

- номинальное напряжение аппарата должно быть не менее номинального напряжения сети;
- номинальный ток защитного аппарата должен быть не менее тока длительно возможной нагрузки сети;
- расцепители защитных аппаратов должны быть надежно отстроены от излишних срабатываний при допустимых для сети и потребителей режимах работы (пуск электродвигателей, включение электромагнитов включения выключателей);
- расцепители защитных аппаратов должны обеспечивать надежное отключение цепи при всех видах металлических и дуговых КЗ в защищаемых участках сети за минимально возможное по условиям селективности время;
- должна обеспечиваться селективность действия последовательно установленных аппаратов защиты при минимальном времени отключения места повреждения;
- аппарат защиты должен обладать достаточной отключающей способностью, электродинамической и термической стойкостью к действию токов КЗ.

При определении характеристик защитных аппаратов вводов рабочего и резервного питания ЩПТ следует учитывать, что КЗ в цепи ввода питания или на шинах ЩПТ и режим аварийного получасового разряда АБ могут возникнуть в любой момент, в том числе, и во время вывода в ремонт одной из АБ или в момент ремонта цепи питания.

### 5.1 Защита вводов рабочего и резервного питания ЩПТ -1 и ЩПТ-2

В цепях вводов рабочего питания АБ-1 и АБ-2 используются автоматические выключатели типа АВМ-10С с  $I_{\text{ном.рас.}}=1000\text{А}$ , имеющих пределы регулирования уставок тока на шкале замедленного срабатывания 1500-2000А, а на шкале мгновенного срабатывания 8000-10000А.

В цепи ввода рабочего питания АБ-3 используется автоматический выключатель типа АВМ-10С с  $I_{\text{ном.рас.}}=800\text{А}$ , имеющего пределы регулирования уставок тока на шкале замедленного срабатывания 1000-1600А, а на шкале мгновенного срабатывания 6000-8000А.

Данные выключатели выносной защитой не оснащены.

В соответствии с /8/ номинальный ток максимального расцепителя выключателя АВМ-10С при наименьшей уставке на шкале расцепителя замедленного срабатывания определяется по формуле:

$$I_{\text{ном.расц.}} \geq 1,33 I_{\text{расч.}} \quad (5.1)$$

где  $I_{\text{расч.}}$  – наибольший расчетный ток длительной нагрузки, А.

При наибольшей уставке на шкале расцепителя замедленного срабатывания:

$$I_{\text{ном.расц.}} \geq I_{\text{расч.}} \quad (5.2)$$

Ток срабатывания мгновенного расцепителя определяется по формуле:

$$I_{\text{отс.}} \geq 1,32 I_T \quad (5.3)$$

где  $I_T$  – наибольший ток кратковременной перегрузки (ток толчка), А.

Рабочая уставка расцепителя замедленного срабатывания автоматического выключателя типа АВМ определяется в соответствии с /11/ по формуле:

$$I_{\text{пер.}} = K_H \times I_{\text{расч.}} / K_B, \quad (5.4)$$

где  $K_H = 1,1$  – коэффициент надежности;

$K_B = 0,6$  – коэффициент возврата расцепителя замедленного срабатывания.

Чувствительность к току дугового КЗ автоматического выключателя типа АВМ в конце защищаемого участка цепи определяется по формуле:

$$I_{\text{к.д.ср.}} / I_{\text{отс.}} \geq 1,32. \quad (5.5)$$

Для обеспечения селективности действия защитного аппарата, установленного на вводе резервного питания определяется по формуле:

$$t_{\text{ср.з.рез.}} = t_{\text{ср.пр.}} + \Delta t, \quad (5.6)$$

где  $t_{\text{ср.пр.}}$  – наибольшее из времен срабатывания защитных аппаратов присоединений ЩПТ в случае КЗ непосредственно за защитным аппаратом, с;

Время срабатывания защитного аппарата, установленного в цепи рабочего питания:

$$t_{\text{ср.з.раб.}} = t_{\text{ср.з.рез.}} + \Delta t, \quad (5.7)$$

где  $t_{\text{ср.з.рез.}}$  – время срабатывания защитного аппарата, установленного на вводе резервного питания ЩПТ.

$\Delta t = 0,2 \div 0,3$  с. – степень селективности.

В цепи ввода резервного питания ЩПТ-1 от ЩПТ-2 используется автоматический выключатель АЗ726Ф – неселективный, нетокоограничивающий с электромагнитным и тепловым расцепителями:  $I_{\text{ном.расц.}} = 250$  А,  $I_{\text{отс.}} = 2500$  А.

Выбор автоматических выключателей типа 3720 осуществляется на соответствии с условиями 5.10-5.15.

В цепи ввода резервного питания ЩПТ-2 от ЩПТ-1 используется предохранитель типа ПН-2, номинальный ток плавкой вставки которого составляет 400А.

Выбор предохранителей осуществляется в соответствии с условиями 5.16-5.20.

Из результатов проверки (таблица 10) можно сделать выводы, что защитные аппараты вводов рабочего и резервного питания ЩПТ-1 и ЩПТ-2 не обладают достаточной чувствительностью к токам КЗ в защищаемой зоне и настроить их на срабатывание невозможно.

При проведении реконструкции рекомендуется установить в цепях вводов рабочего питания ЩПТ-1 и ЩПТ-2 от АБ-1, АБ-2 и АБ-3 автоматические выключатели ВА-55-41 с полупроводниковыми расцепителями МРТ-8, специально разработанные для установки в цепях вводов питания ЩПТ. В ходе проектирования реконструкции системы постоянного тока параметры настройки расцепителя МРТ-8 выбираются с учетом параметров вновь устанавливаемого оборудования;

## 5.2 Защита присоединений ЩПТ-1 и ЩПТ-2

В качестве аппаратов защиты цепей питания потребителей ЩПТ-1 и ЩПТ-2 используются предохранители типа НПН-2, ПН-2, ПР-2 и автоматические выключатели типа АЗ100 АЗ770, ВА57-00, ВА51-00, АВМ.

Выбор автоматических выключателей перечисленных типов, за исключением АВМ должен проводиться по условиям согласно /8/:

$$U_{\text{ном.выкл.}} \geq U_{\text{с}}, \quad (5.10)$$

$$I_{\text{ном.расц.}} \geq I_{\text{расч.}}, \quad (5.11)$$

$$I_{\text{к.д.ср.}} / I_{\text{ном.расц.}} \geq 3, \quad (5.12)$$

$$I_{\text{к.д.ср.}} / I_{\text{отс.}} \geq K_{\text{ч}}, \quad (5.13)$$

$$K_{\text{ч}} = K_{\text{н}} \times K_{\text{р}} \quad (5.14)$$

$$I_{\text{отс.}} \geq K_{\text{ч}} \times I_{\text{т}}, \quad (5.15)$$

где  $U_{\text{ном.выкл.}}$  – номинальное напряжение выключателя, В;

$U_{\text{с}}$  – номинальное напряжение сети, В;

$I_{\text{ном.расц.}}$  – номинальный ток расцепителя замедленного действия, А;

$I_{\text{расч.}}$  – максимальный расчетный ток длительной нагрузки, А;

$I_{\text{к.д.ср.}}$  – среднеквадратическое значение тока дугового КЗ в конце защищаемого участка цепи, А

$I_{\text{отс.}}$  – уставка срабатывания мгновенного расцепителя, А;

$K_{\text{ч}}$  – коэффициент чувствительности;

$K_{\text{н}} = 1,1$  – коэффициент надежности;

$K_{\text{р}}$  – коэффициент разброса значений тока срабатывания электромагнитного расцепителя (по заводским данным для выключателей  $K_{\text{р}}=1,2$ );

$I_T$  – максимальный ток кратковременной перегрузки (ток толчка), А.

Автоматические выключатели типа АВМ должны удовлетворять условиям (5.1)-(5.5);

В соответствии с /8/ предохранители должны удовлетворять следующим требованиям:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{с}}, \quad (5.16)$$

$$I_{\text{откл.}} \geq I_{\text{к.м.}}, \quad (5.17)$$

$$I_{\text{ном.пл.вст.}} \geq I_{\text{расч.}}, \quad (5.18)$$

$$I_{\text{ном.пл.вст.}} \geq I_T / K_{\text{п}}, \quad (5.19)$$

$$I_{\text{к.д.ср.}} / I_{\text{ном.пл.вст.}} \geq 3, \quad (5.20)$$

где  $U_{\text{ном}}$  – номинальное напряжение предохранителя, В;  
 $U_{\text{с}}$  – номинальное напряжение сети, В;  
 $I_{\text{откл.}}$  – значение тока предельной отключающей способности, А;  
 $I_{\text{к.м.}}$  – значение тока металлического КЗ, А;  
 $I_{\text{ном.пл.вст.}}$  – номинальный ток плавкой вставки, А;  
 $K_{\text{н}} = 1,2$  – коэффициент надежности;  
 $I_{\text{расч.}}$  – максимальный расчетный ток длительной нагрузки, А;  
 $I_T$  – наибольший расчетный ток кратковременной перегрузки (ток толчка), А;  
 $K_{\text{п}} = 2,5$  – коэффициент перегрузки при ее длительности не более 3с;

Результаты проверки аппаратуры, установленной в цепях питания присоединений ЩПТ-1 и ЩПТ-2 приведены в таблице 10.

### 5.3 Проверка селективности защитных аппаратов

Селективность между последовательно включенными защитными аппаратами может быть обеспечена в следующих случаях:

- согласование уставок защитных аппаратов по току;
- согласование уставок защитных аппаратов по времени;
- согласование время-токовых характеристик.

Первые два способа обеспечивают селективность работы последовательно установленных аппаратов в ограниченной области значений токов К.З. Третий способ обеспечивает полную селективность работы аппаратов во всем диапазоне токов К.З. и является наиболее приемлемым.

Согласование время-токовых характеристик защитных аппаратов осуществляется их сопоставлением на карте селективности. Построенные защитные характеристики аппаратов с учетом разбросов по току и времени срабатывания, не должны накладываться или пересекаться.

На основании построенных характеристик существующих защитных аппаратов и полученных экспериментальных и расчетных значений токов К.З.

составлены карты селективности для каждого присоединения ЩПТ-1 и ЩПТ-2, которые приведены на рисунках 36-123.

Карты селективности позволяют наглядно оценить время-токовые характеристики согласуемых защит.

На составленных картах селективности приведены минимальное значение тока дугового К.З. в цепи, время-токовые характеристики двух последовательно установленных защитных аппаратов. Характеристика вышестоящего защитного аппарата изображена зеленым цветом, нижестоящего – оранжевым. Зависимость нагрева кабелей током короткого замыкания изображена фиолетовым цветом.

Для составления карт селективности использовалась специальная программа «КА-5 Характеристика», предназначенная для оцифровки функциональных характеристик элементов электрической цепи, создания и управления базой данных оцифрованных характеристик, а так же подготовки документов для обработки информации и печати.

## 6 Проверка кабелей на термическую и пожарную стойкость

Согласно /14/ предельно допустимая температура бронированных кабелей с бумажной пропитанной изоляцией по условию невозгорания составляет  $400^{\circ}\text{C}$ , а для кабелей с изоляцией из поливинилхлоридного пластика -  $350^{\circ}\text{C}$ . По условию термической стойкости (допускающими дальнейшую эксплуатацию) температура нагрева жил от протекающего тока КЗ для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией не должна превышать  $200^{\circ}\text{C}$ , а для кабелей из поливинилхлоридного пластика -  $160^{\circ}\text{C}$ .

Для обеспечения указанных условий, ток КЗ должен быть отключен защитным аппаратом за время, в течение которого кабель соответствующего сечения не нагреется выше указанных температур. При определении расчетных условий для определения термической и пожарной стойкости кабелей, исходим из следующего:

- многочисленные эксперименты и опыт эксплуатации показывают, что при повреждении или пробое изоляции кабеля возможно только дуговое КЗ, приводящее к повреждению кабеля, (с необходимостью замены участка, или целого кабеля);
- металлическое КЗ возможно лишь в случае установки в конце кабеля штатной термически стойкой закоротки (например, при проведении ремонтных работ на электродвигателе);

Учитывая сказанное, расчетным режимом для определения термической стойкости кабелей является металлическое КЗ в конце кабеля отключаемое защитой присоединения. Расчетным режимом для определения пожарной стойкости кабеля является дуговое КЗ в начале кабеля, отключаемое:

- резервной защитой, в случае защиты цепи присоединения автоматом;
- основной защитой, в случае защиты цепи присоединения предохранителем (с учетом ограничивающего влияния предохранителя на ток КЗ).

В соответствии с /14/ и /15/ температура нагрева жил кабелей определяется по формуле:

$$Q_k = Q_n \times e^k + a \times (e^k - 1), \quad (6.1)$$

где  $K = B \times I_k^2 \times t / S^2$  – коэффициент, характеризующий взаимосвязь между тепловым импульсом, сечением жилы и теплофизическими характеристиками материала, о.е.;

$Q_n$  – температура жилы кабеля до КЗ,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$I_k$  – значение тока КЗ, кА;

$t$  – длительность тока КЗ, С;

$a = 228^{\circ}\text{C}$  – величина, обратная температурному коэффициенту электрического сопротивления при  $0^{\circ}\text{C}$ ;

$B$  – постоянная, характеризующая теплофизические свойства материала жилы (для алюминия  $B = 45,65 \text{ мм}^4 / \text{кА}^2 \times \text{C}$ , для меди  $B = 19,58 \text{ мм}^4 / \text{кА}^2 \times \text{C}$ ).

Температура жилы до момента КЗ определяется по формуле:

$$Q_n = Q_o + (Q_{д.д} - Q_{окр.}) \times (I_{раб.} / I_{д.д})^2, \quad (6.2)$$

где  $Q_o$  – фактическая температура окружающей среды, °С;

$Q_{окр.}$  – расчетная температура окружающей среды (воздуха - +25°С, земли - +15°С);

$Q_{д.д}$  – длительно допустимая температура токопроводящих жил (для кабелей с бумажной изоляцией =80°С для кабелей с изоляцией из поливинилхлоридного пластика =70°С);

$I_{раб.}$  – максимальный рабочий ток, протекающий по жиле кабеля, А;

$I_{д.д}$  – длительно допустимое значение тока определяемое по /15/.

Результаты проверки термической и пожарной стойкости кабелей (таблица 10) показали:

- кабели цепей вводов рабочего питания ЩПТ-1 от АБ-1 и ЩПТ-2 от АБ-3 и кабель цепи взаиморезервирования между ЩПТ-1 и ЩПТ-2 имеют недостаточные сечения по условию длительно допустимого тока для данных кабелей;
- кабели цепи ввода рабочего питания ЩПТ-1 от АБ-1 и ряда присоединений имеют недостаточную термическую и пожарную стойкость.

Необходимость к замене части кабелей (таблица 10) обосновывается обеспечением достаточного уровня напряжения у потребителей и (или) обеспечением чувствительности аппаратов защиты цепей питания потребителей к токам КЗ.

## **7 Определение остаточных уровней напряжения у потребителей в режиме аварийного получасового разряда аккумуляторных батарей**

Наиболее мощными потребителями постоянного тока в режиме аварийного получасового разряда являются электродвигатели аварийных маслonaсосов смазки турбин, электродвигатели аварийных маслonaсосов уплотнения валов генераторов и электромагниты включения масляных выключателей ОРУ-110,35кВ. Именно при включении этих потребителей во время аварийного получасового разряда аккумуляторных батарей образуется наибольшая толчковая нагрузка.

### **7.1 Определение остаточного уровня напряжения на зажимах электродвигателей аварийных маслonaсосов**

В соответствии с /6/, допустимое напряжение на зажимах электродвигателей аварийных маслonaсосов должно быть не менее 75%  $U_{ном.}$  Следовательно, источник питания (аккумуляторная батарея) и проводники цепей питания электродвигателей аварийных маслonaсосов должны быть подобраны таким образом, чтобы суммарные потери напряжения, включая потери напряжения в аккумуляторной батарее и коммутационных аппаратах, не превышали 55В.

Значение остаточного напряжения на зажимах электродвигателя определяется по формуле:

$$U_{двиг..} = U_{ш} - \Delta U_{п.двиг..}, В \quad (7.1)$$

где  $U_{ш}$  – напряжение на шинах ЩПТ при пуске электродвигателя, В;  
 $\Delta U_{п.двиг.}$  – потеря напряжения в цепи питания электродвигателя при пуске, В;

Напряжение на шинах ЩПТ при пуске электродвигателя определяется по формуле:

$$U_{ш} = U_{аб} - (I_{т} \times R_{ц.в}) \quad (7.2)$$

где  $U_{аб}$  – напряжение на выводах АБ при пуске электродвигателя, В.  
(определяется по вольтамперной характеристике);

$R_{ц.в}$  – сопротивление цепи ввода АБ, Ом;

$I_{т.}$  – ток толчка, А.

Потеря напряжения в цепи питания электродвигателя при его пуске определяется по формуле:

$$\Delta U_{п.двиг.} = I_{пуск.} \times R_{ц.п.м.} \quad (7.3)$$

где  $I_{пуск.}$  – пусковой ток электродвигателя, А;

$R_{ц.п.м.}$  – сопротивление цепи питания электродвигателя, Ом.

Ток толчка определяется по формуле:

$$I_{\text{т.}} = I_{\text{р.п.}} + I_{\text{пуск.}} \quad (7.4)$$

где  $I_{\text{р.п.}}$  – нагрузка режима аварийного разряда, предшествующая пуску электродвигателя, А.

Для вычисления остаточного уровня напряжения на зажимах электродвигателей аварийных маслonaсосов смазки и управления выбираем следующие условия расчета:

- все турбогенераторы до начала режима аварийного получасового разряда находились в работе;
- в начале режима аварийного получасового разряда щиты постоянного тока получают питание от рабочих элементов АБ;
- пуск аварийных маслonaсосов уплотнения генераторов принимается через 30 секунд после начала аварийного режима, маслonaсосов смазки генераторов через 1 минуту;
- при определении максимальной расчетной нагрузки аварийного разряда, предшествующей пуску электродвигателя  $I_{\text{р.п.}}$  руководствуемся тем, что каждый из электродвигателей пускается последним в своей группе (электродвигатели маслonaсосов смазки или уплотнения), а так же необходимо определять с учетом взаиморезервирования ЩПТ-1 и ЩПТ-2.

В таблице 11 приведены результаты расчетов уровней напряжений на зажимах электродвигателей аварийных маслonaсосов из которой видно, что электродвигатели аварийных маслonaсосов АМН ТГ-1-8 и МНУГ ТГ-7-8 имеют недостаточные уровни напряжений на зажимах в режиме аварийного получасового разряда при заданных условиях расчета.

Причинами недостаточного уровня напряжения на зажимах электродвигателей являются:

- большое падение напряжения в цепи вводов рабочего и резервного питания вследствие недостаточного сечения кабеля ;
- значительная удаленность электродвигателей от источников питания и, как следствие, значительные потери напряжения в цепях питания, выполненных кабелем недостаточного сечения;
- большое значение пускового тока электродвигателей (кратность пускового тока составляет более 4 о.е.).

Для обеспечения требуемого уровня напряжений на зажимах электродвигателей аварийных маслonaсосов необходимо провести реконструкцию системы питания, включающую в себя проведение следующих мероприятий:

- установить в цепях вводов рабочего питания ЩПТ-1 и ЩПТ-2 устройства стабилизации напряжения типа УТСП-М, позволяющие обеспечить требуемый уровень напряжения на шинах ЩПТ и у потребителей при толковых нагрузках в режиме аварийного получасового разряда;

- заменить кабели питания электродвигателей аварийных маслонасосов на кабели с медными жилами и большего сечения для обеспечения достаточных уровней напряжения на зажимах электродвигателей аварийных маслонасосов и обеспечения чувствительности аппаратов защиты к токам дугового КЗ в соответствии с таблицей 10;
- установить в цепях питания электродвигателей, кратность пускового тока которых превышает 4 о.е., пусковые сопротивления, при которых кратность пускового тока двигателей не будет превышать данное значение.

Проведение мероприятий должно осуществляться на основании проекта реконструкции системы постоянного тока станции.

## 7.2 Определение остаточного уровня напряжения на электромагнитах включения выключателей ОРУ

В соответствии с ГОСТ 688-67, включение выключателей должно быть обеспечено при остаточном напряжении на электромагните включения в пределах 80-110% номинального - для выключателей на токи короткого замыкания до 50 кА и в пределах 85-110% номинального для выключателей на токи короткого замыкания более 50 кА. Остаточное напряжение на электромагнитах включения выключателей ОРУ не должно быть ниже 187В. Следовательно, источник питания (аккумуляторная батарея) и проводники цепей питания электромагнитов включения должны быть подобраны таким образом, чтобы суммарные потери напряжения, включая потери напряжения в аккумуляторной батарее и коммутационных аппаратах, не превышали 33В.

При определении остаточного уровня напряжения на электромагнитах включения в конце режима аварийного получасового разряда АБ-1,2 и 3 считаем, что:

- питание потребителей ЩПТ-1 и ЩПТ-2 осуществляется с учетом взаиморезервирования (рисунок 21);
- в конце режима аварийного получасового разряда ЩПТ-1(2) получает питание от всех рабочих и дополнительных элементов АБ;

Значение остаточного напряжения на электромагните включения выключателя определяется по формуле:

$$U_{э.в.} = U_{ш} - \Delta U_{п.э.в.}, \text{ В} \quad (7.5)$$

где  $U_{ш}$  – напряжение на шинах ЩПТ при включении выключателя, В;

$\Delta U_{п.э.в.}$  – потеря напряжения в цепи питания электромагнита включения при включении выключателя, В;

Напряжение на шинах ЩПТ при включении выключателя определяется по формуле:

$$U_{ш} = U_{аб} - (I_T \times R_{ц.в.}) \quad (7.6)$$

где  $U_{аб}$  – напряжение на выводах АБ при включении выключателя, В.

$R_{ц.в}$  – сопротивление цепи ввода АБ, Ом;

$I_T$  – ток толчка, А.

Потеря напряжения в цепи питания электромагнита включения при включении выключателя определяется по формуле:

$$\Delta U_{п.э.в.} = I_{э.в.} \times R_{ц.э.в.} \quad (7.7)$$

где  $I_{э.в.}$  – ток электромагнита включения выключателя, А;

$R_{ц.э.в.}$  – сопротивление цепи питания электромагнита включения, Ом.

Ток толчка определяется по формуле:

$$I_T = I_{расч.} + I_{э.в.} \quad (7.8)$$

где  $I_{расч.}$  – нагрузка установившегося режима аварийного разряда, А.

Значение тока электромагнита включения выключателя определяется по формуле:

$$I_{э.в.} = E \times n / (R_{а.б.} + R_{ц.в.} + R_{ц.э.в.} + R_{э.в.}) \quad (7.9)$$

где  $E = 1,93$  фиктивная расчетная ЭДС аккумуляторной батареи, В;

$n$  – количество элементов АБ;

$R_{а.б.}$  – внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи, Ом;

$R_{э.в.}$  – сопротивление электромагнита включения, Ом.

В таблице 12 приведены результаты расчетов остаточного напряжения на электромагнитах включения масляных выключателей в режиме аварийного получасового разряда при принятых выше условиях расчета. Уровень остаточного напряжения на электромагнитах включения выключателей ОРУ определен до первой сборки колец питания.

Из таблицы 12 видно, что уровень остаточного напряжения на электромагнитах включения выключателей ОРУ-110 ячейки 15,31 и ОРУ-35 ячейки 21,19 будет обеспечиваться только в режиме питания от ЩПТ-2 и ЩПТ-1 соответственно без учета взаиморезервирования потребителей. Учитывая то, что уровень остаточного напряжения на электромагнитах включения данных выключателей близок к предельно-допустимому значению, можно сделать вывод, что на более дальних электромагнитах включения в цепи питания уровень напряжения обеспечиваться не будет как с учетом взаиморезервирования, так и без учета, что может привести к отказу во включении выключателя.

Причинами недостаточного уровня напряжения являются:

- большое падение напряжения в цепи ввода от АБ до ЩПТ;
- большое внутреннее сопротивление аккумуляторных батарей;
- значительная удаленность выключателей от источников питания и, как следствие, значительные потери напряжения в цепях питания, выполненных кабелем недостаточного сечения.

Для обеспечения требуемого уровня напряжений на электромагнитах включения выключателей необходимо провести реконструкцию системы питания, включающую в себя проведение следующих мероприятий:

- установить в цепях вводов рабочего питания ЩПТ-1 и ЩПТ-2 устройства стабилизации напряжения типа УТСП-М позволяющего обеспечить требуемый уровень напряжения на шинах ЩПТ и у потребителей при толчковых нагрузках в режиме аварийного получасового разряда;
- заменить существующие кабели питания электромагнитов включения выключателей на рекомендуемые для обеспечения достаточных уровней напряжения на электромагнитах выключателей и обеспечения чувствительности аппаратов защиты к токам дугового КЗ.

Проведение данных мероприятий должно осуществляться на основании проекта реконструкции системы постоянного тока станции.

## Выводы и рекомендации

По результатам проведенного обследования и режимных испытаний можно сделать следующие выводы:

- эксплуатируемые до настоящего времени подзарядные агрегаты типа ВАЗП не обеспечивают выполнение требований, предъявляемых к устройствам заряда-подзаряда производителями современных аккумуляторных батарей. В процессе реконструкции системы постоянного тока устройства типа ВАЗП должны быть заменены на современные устройства заряда-подзаряда типа УЗП, которые позволяют обеспечить точность стабилизации выходного напряжения  $\pm 1\%$ . Выбор схемы включения и мощности, предлагаемых для замены УЗП, выполняется в процессе рабочего проектирования реконструкции системы постоянного тока;
- двигатели аварийных маслососов АМНУ 1-8 имеют большие значения пусковых токов, то есть их кратность превышает 4 о.е. Данные значения пусковых токов недопустимы, так как могут привести к возникновению кругового огня в якоре и впоследствии к его разрушению. Причиной больших значений пусковых токов может являться неверно выбранные пусковые сопротивления. Для снижения пусковых токов необходимо выбрать и установить в цепь питания электродвигателей пусковые сопротивления, при которых значение кратности пускового тока не будет превышать 4 о.е.;
- для обеспечения надежности питания, необходимого уровня напряжения на шинах щита постоянного тока и на зажимах электродвигателей аварийных маслососов АМНУ ТГ-1-6 во время пуска, необходимо произвести реконструкцию схемы питания электродвигателей в которой необходимо предусмотреть питание данных электродвигателей по отдельным кабельным линиям от ЩПТ.
- полученные опытным путем фактические значения внутренних сопротивлений АБ-1 и АБ-2 превышают номинальные ориентировочно на 7% и 5% соответственно.
- полученное опытным путем фактическое значение внутреннего сопротивления АБ-3 меньше номинального на 15%;
- АБ-1 типа СК-28 и АБ-2 типа СК-20 имеют фактические разрядные емкости не менее 88% и 97% соответственно, о чем свидетельствуют результаты проведенных контрольных разрядов;
- АБ-3 типа 100PzS 1000 имеет фактическую разрядную емкость не менее 100%, о чем свидетельствуют результаты проведенного контрольного разряда;
- из результатов проведенных контрольных разрядов АБ-1 и АБ-2 выявлен ряд отстающих элементов. Для улучшения фактических параметров аккумуляторных батарей АБ-1 и АБ-2, необходимо исключить из состава батарей отстающие элементы. Довести плотность электролита в отстающих элементах до значения, нормируемом заводом изготовителем -  $1,24 \pm 0,01$  кг/л при  $+20^\circ\text{C}$ . При низких или высоких температурах следует учитывать корректировочный фактор, который составляет 0,0007кг/л на каждый  $^\circ\text{C}$ .

Провести тренировочный цикл «разряд-заряд» с отстающими элементами. Если после проведения тренировочного цикла «разряд-заряд» у них не наблюдается улучшения фактических параметров, то необходимо окончательно вывести из эксплуатации. После проведения данных рекомендаций необходимо произвести контрольный разряд АБ-1 и АБ-2 током десятичасового разряда для определения их фактических емкостей.

- в соответствии с разрядными характеристиками для АБ типа СК и OPzS и составленными графиками нагрузок (рисунки 17-21), емкостей существующих аккумуляторных батарей достаточно только для питания потребителей ЩПТ-1 и ЩПТ-2 в режиме аварийного получасового разряда без учета взаиморезервирования. С учетом взаиморезервирования емкостей существующих аккумуляторных батарей недостаточно;
- учитывая, что аккумуляторные батареи АБ-1 и АБ-2 исчерпали возможный срок эксплуатации и то, что их емкостей недостаточно для обеспечения режима взаиморезервирования необходимо принять меры для их замены;
- при выборе АБ, вновь устанавливаемой на электростанции взамен существующей, необходимо руководствоваться рекомендациями информационного письма ИП-03-2000 (Э) «О закупке свинцово-кислотных аккумуляторов зарубежного производства» /3/, в частности:
- на электростанциях следует применять батареи с пластинами большой поверхности типа «Планте» (по классификации DIN – GroE);
- выбор типа аккумулятора должен выполняться в процессе проектирования с учетом параметров существующей нагрузки;
- для действующей схемы генерирования постоянного тока напряжение на шинах ЩПТ-1 и ЩПТ-2 во время аварийного получасового разряда должно поддерживаться с помощью элементного коммутатора на уровне 230В. Так как элементные коммутаторы обладают большой инерционностью, то они могут явиться причиной недостаточного уровня напряжения на шинах щита и у потребителей в режиме аварийного получасового разряда;
- защитные аппараты вводов рабочего и резервного питания ЩПТ-1 и ЩПТ-2 не обладают достаточной чувствительностью к токам КЗ в защищаемой зоне;
- при проведении реконструкции рекомендуется установить в цепях вводов рабочего питания ЩПТ-1 и ЩПТ-2 от АБ-1, АБ-2 и АБ-3 автоматические выключатели ВА-55-41 с полупроводниковыми расцепителями МРТ-8, специально разработанные для установки в цепях вводов питания ЩПТ. В ходе проектирования реконструкции системы постоянного тока параметры настройки расцепителя МРТ-8 выбираются с учетом параметров вновь устанавливаемого оборудования;
- часть автоматических выключателей, установленных в цепях питания присоединений ЩПТ-1 и ЩПТ-2, имеют недостаточную чувствительность к токам дугового КЗ. Это объясняется низким уровнем тока короткого замыкания, вследствие значительной удаленности потребителей от ЩПТ и малого сечения используемых кабелей. Недостаточная

чувствительность аппаратов к токам КЗ может стать причиной недопустимо большого времени срабатывания и привести к пожару в кабельном хозяйстве;

- для селективного срабатывания аппаратов защиты цепей питания потребителей, исключения ложного срабатывания при рабочих токах и обеспечения чувствительности к токам дугового КЗ для действующей системы постоянного тока ТЭЦ, необходимо провести замену аппаратов защиты присоединений ЩПТ-1 и ЩПТ-2 согласно таблице 10;

- кабели питания потребителей ЩПТ-1 и ЩПТ-2 с момента ввода в эксплуатацию в основном не заменялись и к настоящему моменту выработали свой ресурс. Необходимо произвести реконструкцию цепей питания потребителей постоянного тока с использованием современных кабелей с изоляцией, не поддерживающей горение, и защитной аппаратурой с расчетным обоснованием в ходе проектирования;

- из выполненных расчетов видно, что достаточный уровень напряжений на зажимах электродвигателей аварийных маслососов АМН ТГ 1-8, МНУГ ТГ 7-8 и электромагнитах включения выключателей ОРУ-35,110кВ при заданных условиях обеспечиваться не будет из-за большого падения напряжения в цепях питания, вызванного значительной удаленностью потребителей от источников питания, высокого внутреннего сопротивления АБ и высокой толчковой нагрузкой;

- для обеспечения необходимого уровня напряжения на шинах ЩПТ и у потребителей при толчковых нагрузках, необходимо использовать в цепях вводов рабочего питания от АБ-1, АБ-2 и АБ-3 взамен элементных коммутаторов, устройства транзисторные стабилизации напряжения типа УТСП-М;

- конструкция панелей щитов постоянного тока неудобна в эксплуатации и неремонтопригодная. Для обеспечения современных требований надежности и пожаробезопасности необходима замена существующих ЩПТ на современные с современными защитными аппаратами. Дальнейшая же эксплуатация существующей защитной аппаратуры, ее замена в существующих панелях, либо ремонт нецелесообразны;

- из-за отсутствия на ЩПТ современных устройств определения места замыкания на «землю» процедура поиска земли занимает продолжительное время и производится путем поочередного отключения присоединений и участков сети, при котором возможны ошибки и неправильное срабатывание устройств РЗА;

- в проекте реконструкции необходимо предусмотреть установку устройств для автоматизированного поиска замыканий на «землю» в сети постоянного оперативного тока.

Настоящее обследование и режимные испытания являются основой для разработки проекта реконструкции системы постоянного тока ТЭЦ-9 с использованием современного оборудования и в соответствии с современными требованиями надежности и пожаробезопасности.

Реконструкция системы постоянного тока ТЭЦ-9 должна производиться на основании проекта, учитывающего фактические параметры потребителей и может производиться поэтапно.

## Список литературы

1. Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций и тепловых сетей. М.1973.
2. Информационное письмо ИП-03-2000(Э) от 30.03.2000 РАО “ЕЭС России”.
3. ГОСТ Р МЭК 896-1-95. Свинцово-кислотные стационарные батареи. Общие требования и методы испытаний. Часть 1. Открытые типы.
4. ГОСТ Р МЭК 60896-2-99. Свинцово-кислотные стационарные батареи. Методы испытаний. Часть 2. Закрытые типы.
5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утверждены Приказом Минэнерго РФ от 19.06.2003г №229. Е.; издательство «УралЮрИздат», 2007-С.256.
6. Руководящие технические материалы. Установки постоянного тока тепловых электростанций. Схемы генерирования постоянного тока тепловых электростанций (ТЭС). Редакция 1. Том-1. Институт «Теплоэлектропроект», М.,1995.
7. Аккумуляторы стационарные свинцовые закрытые малообслуживаемые серии Classic GroE производства EXIDE Technologies. Технические условия ТУ-3481-111-26342755-2006.
8. Методические указания по расчету защит в системе постоянного тока тепловых электростанций и подстанций. МУ34-70-035-83 СПО Союзтехэнерго. М. 1983.
9. Шиша М.А. Учет влияния электрической дуги на ток КЗ в сетях напряжением до 1 кВ переменного и постоянного тока. - Электрические станции. №11, 1996г.
10. ГОСТ 29176-91. Короткие замыкания в электроустановках. Методика расчета в электроустановках постоянного тока.
11. Циркуляр № Ц – 03 – 90 (Э). «О предотвращении потери оперативного постоянного тока из-за неселективной работы автоматических выключателей серии АВМ ввода питания на щиты постоянного тока электростанций и подстанций».
12. Решение № Э – 1/91. «О внесении дополнений и изменений в циркуляр № Ц – 03 – 90 (Э).
13. Методические указания по наладке и эксплуатации автоматических воздушных выключателей серии АВМ. СПО Союзтехэнерго. 1978.
14. ГОСТ 26895-91. Расчет термически допустимых токов короткого замыкания с учетом неадиабатического нагрева.
15. Циркуляр №Ц-02-98(Э) «О проверке кабелей на невозгорание при воздействии тока короткого замыкания». Департамент стратегии развития и научно-технической политики, М., 1998.
16. ГОСТ 688-67. Выключатели переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Общие технические условия.

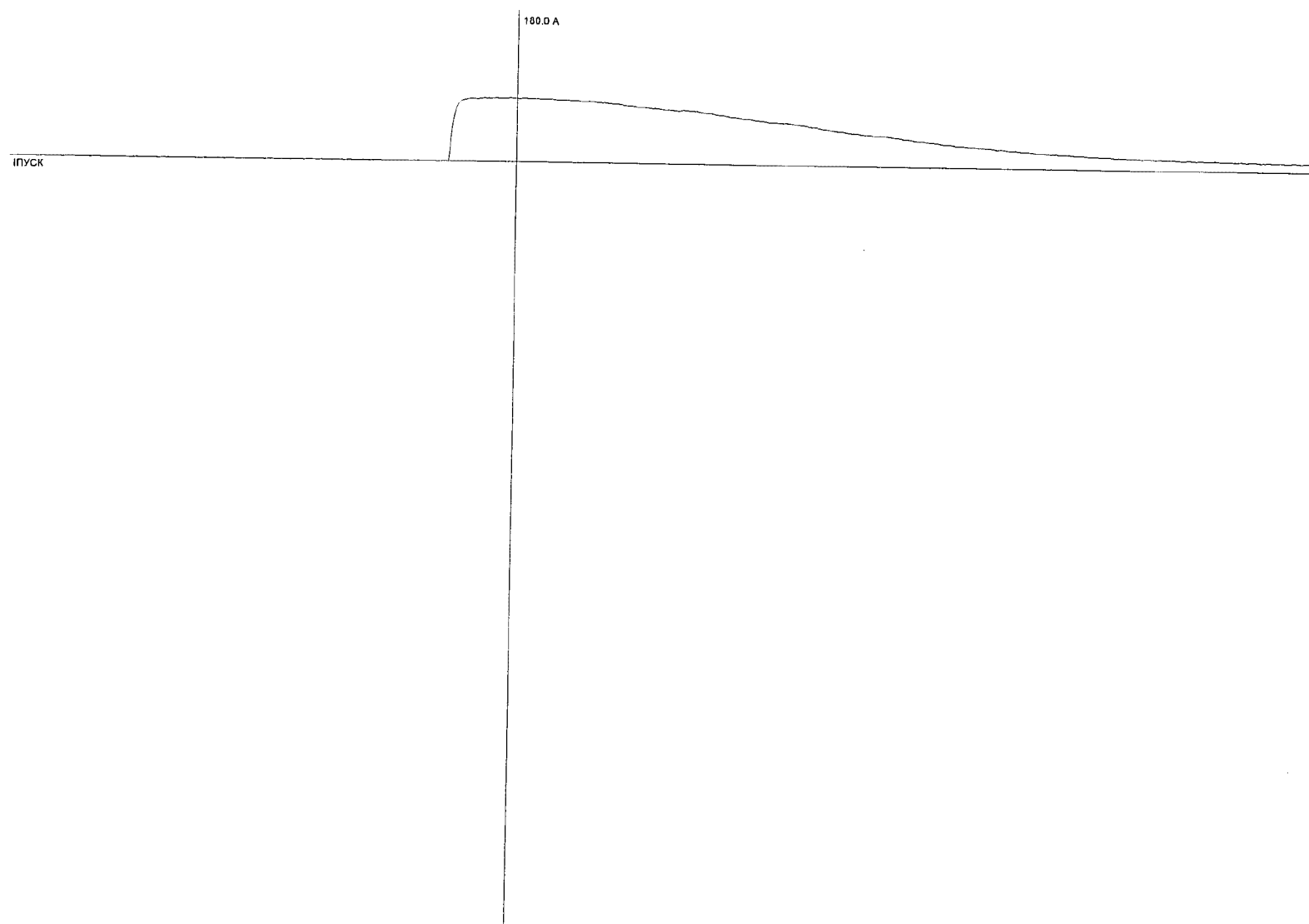


Рисунок 1. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-1.

Новый объект 8-Окт-2009 9:07:18.315 АМНУ-1

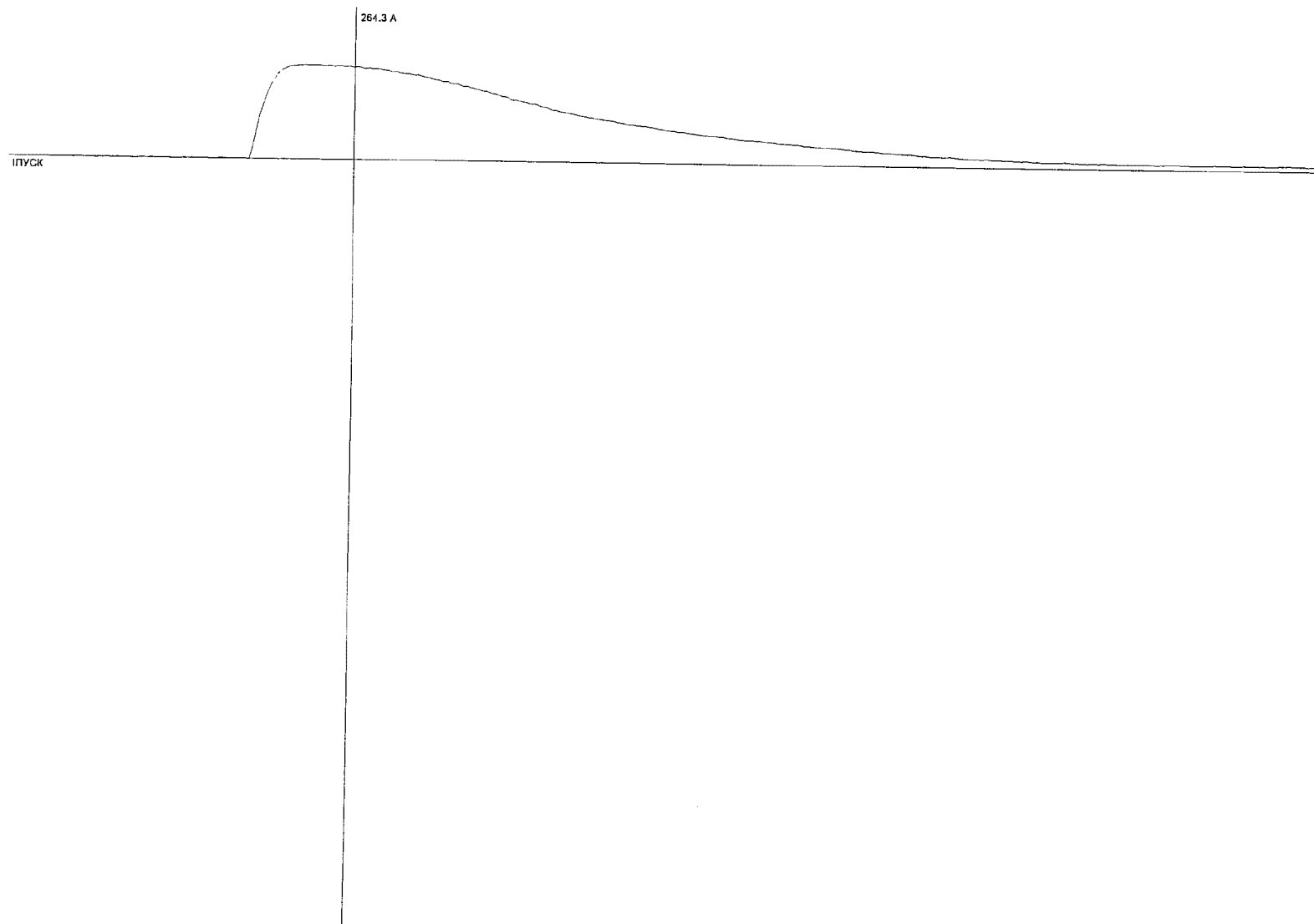


Рисунок 2. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-1.

Новый объект 6-Окт-2009 12:54:10.040 АМН-2

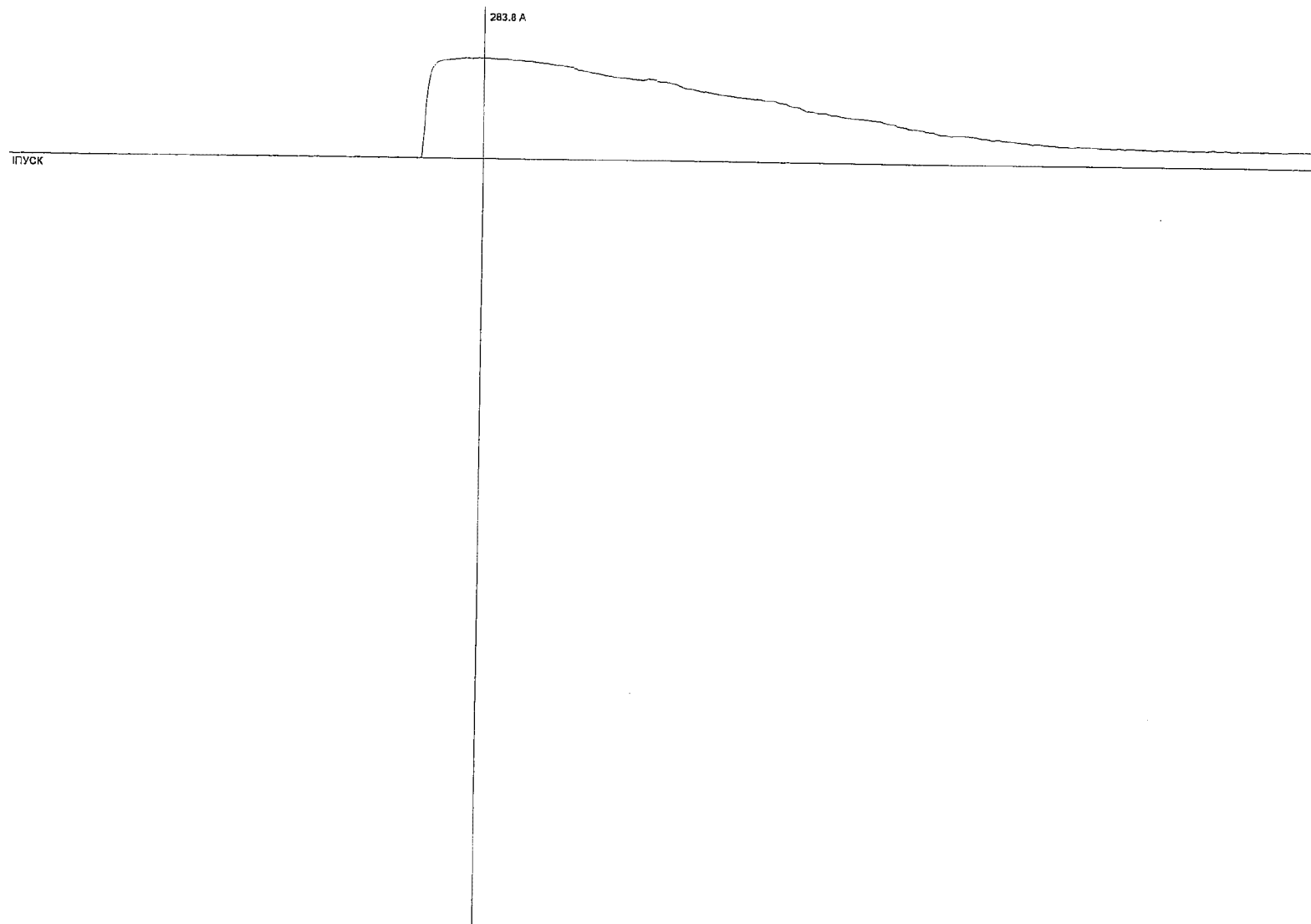


Рисунок 3. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-2.

Новый объект 8-Окт-2009 8:23:10.016 АМНУ-2

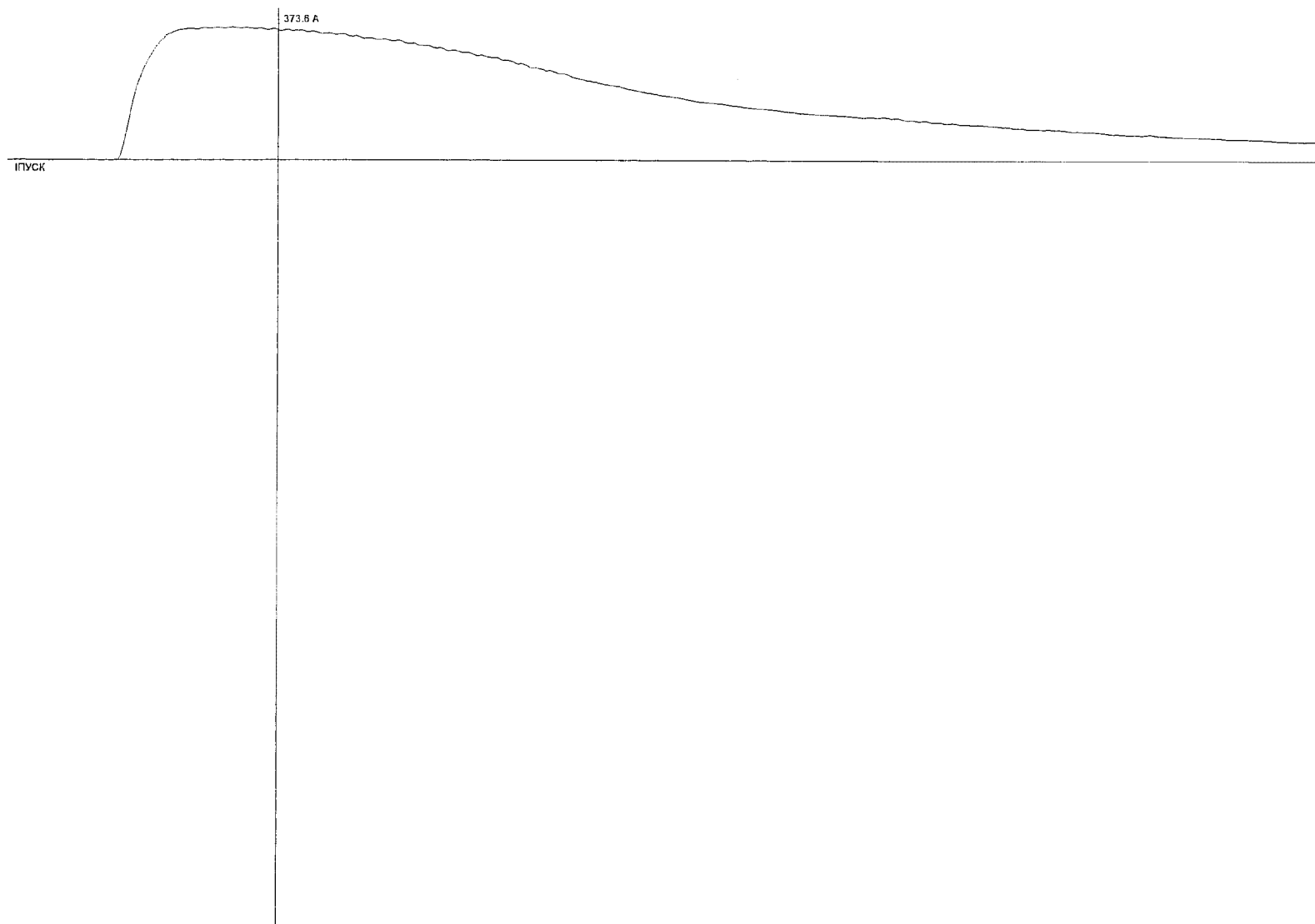


Рисунок 4. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-2.

Новый объект 7-Окт-2009 6:43:40.105 АМН-3

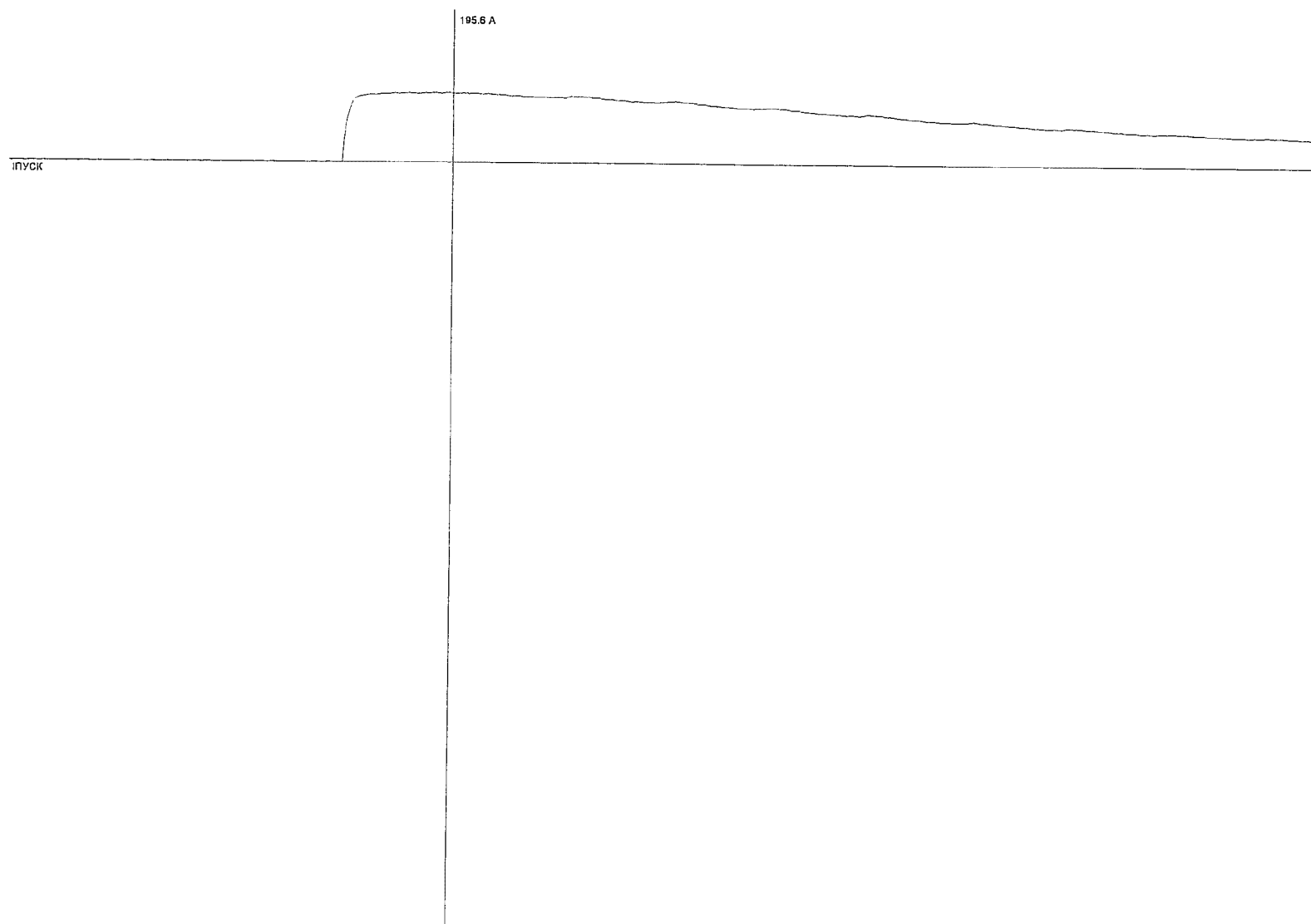


Рисунок 5. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-3.

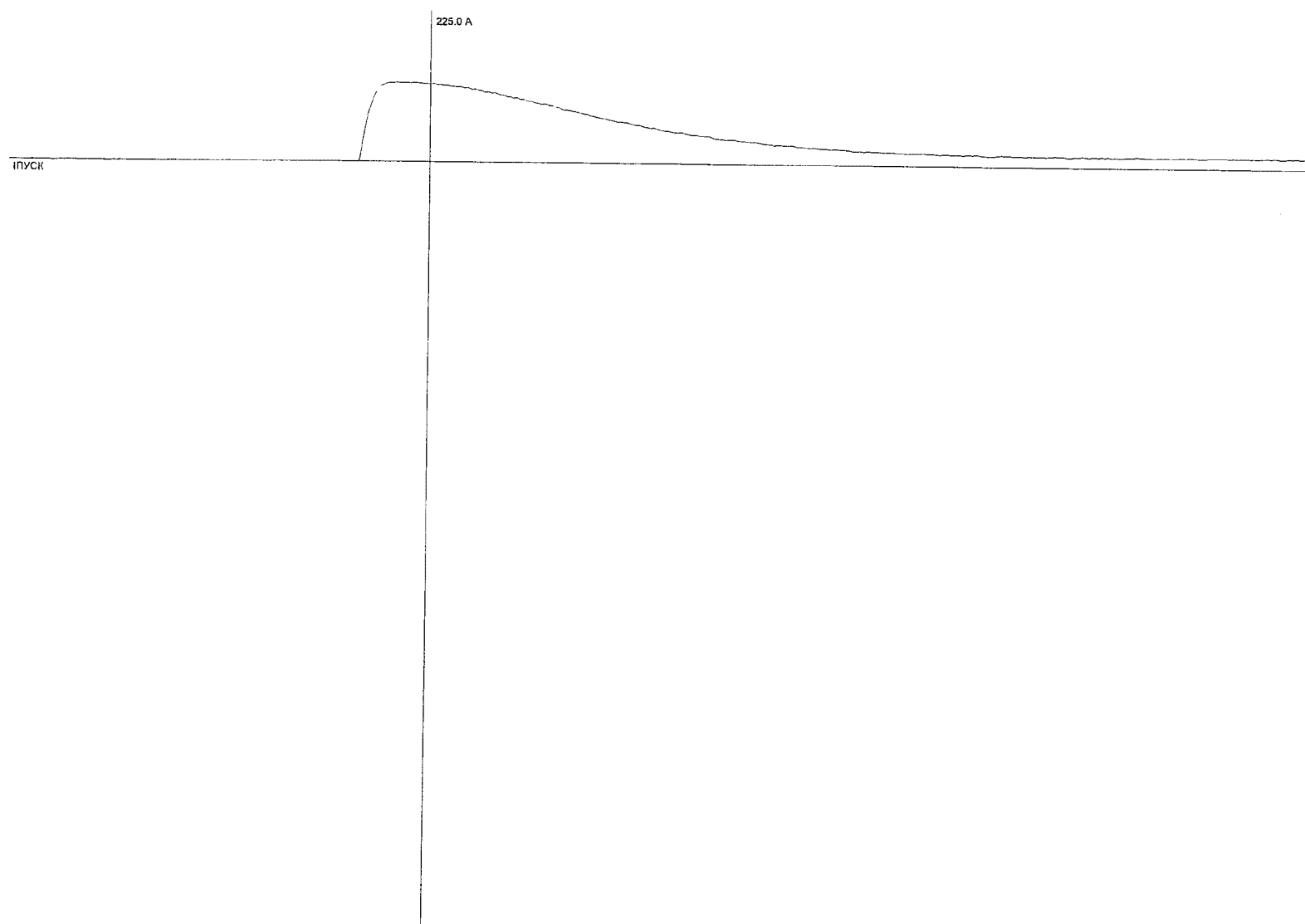


Рисунок 6. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-3.

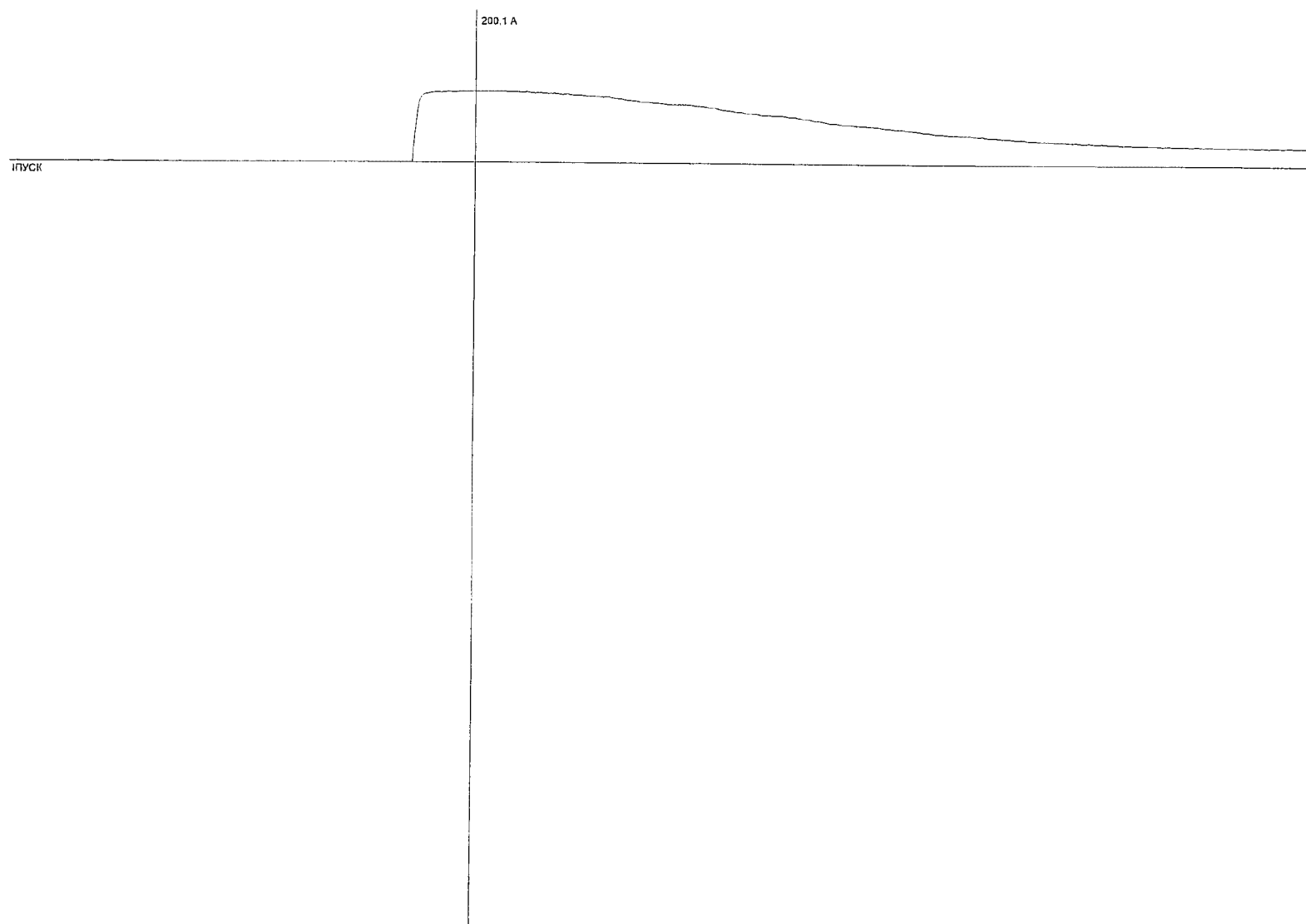


Рисунок 7. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-4.

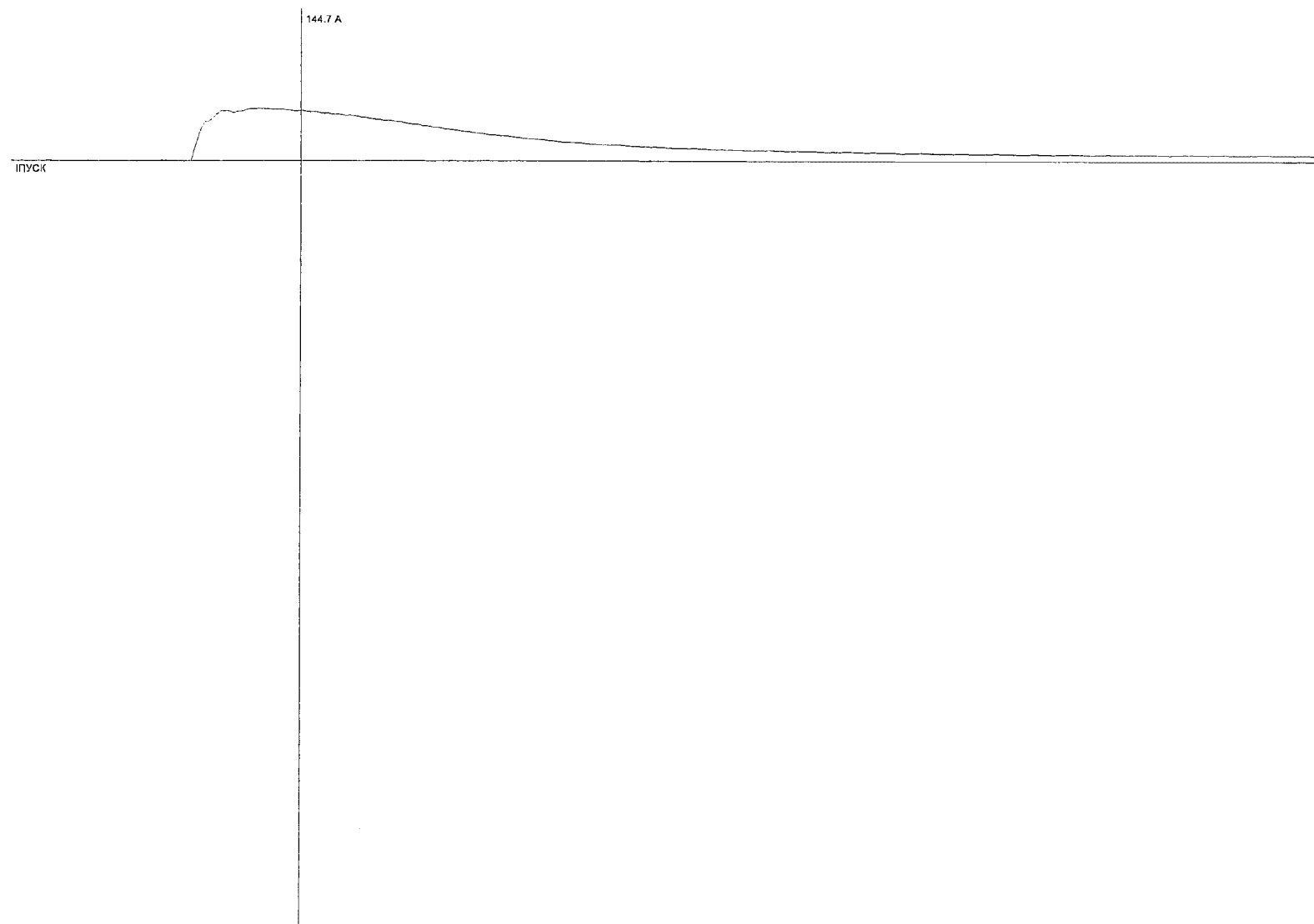


Рисунок 8. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-4.

Новый объект 7-Окт-2009 8:34:57.335 АМН-5

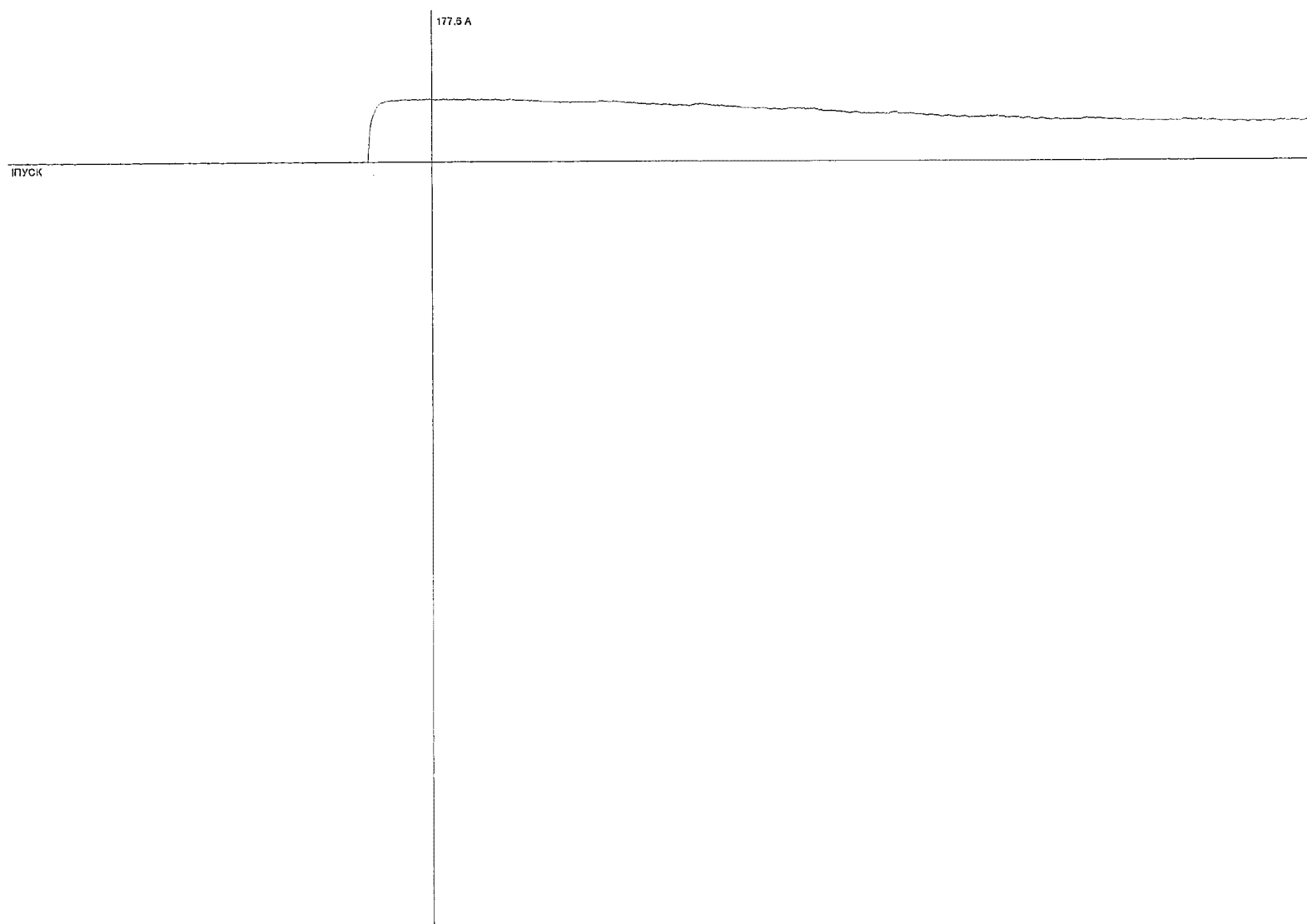


Рисунок 9. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-5.

Новый объект 8-Окт-2009 8:38:51.786 АМНУ-5

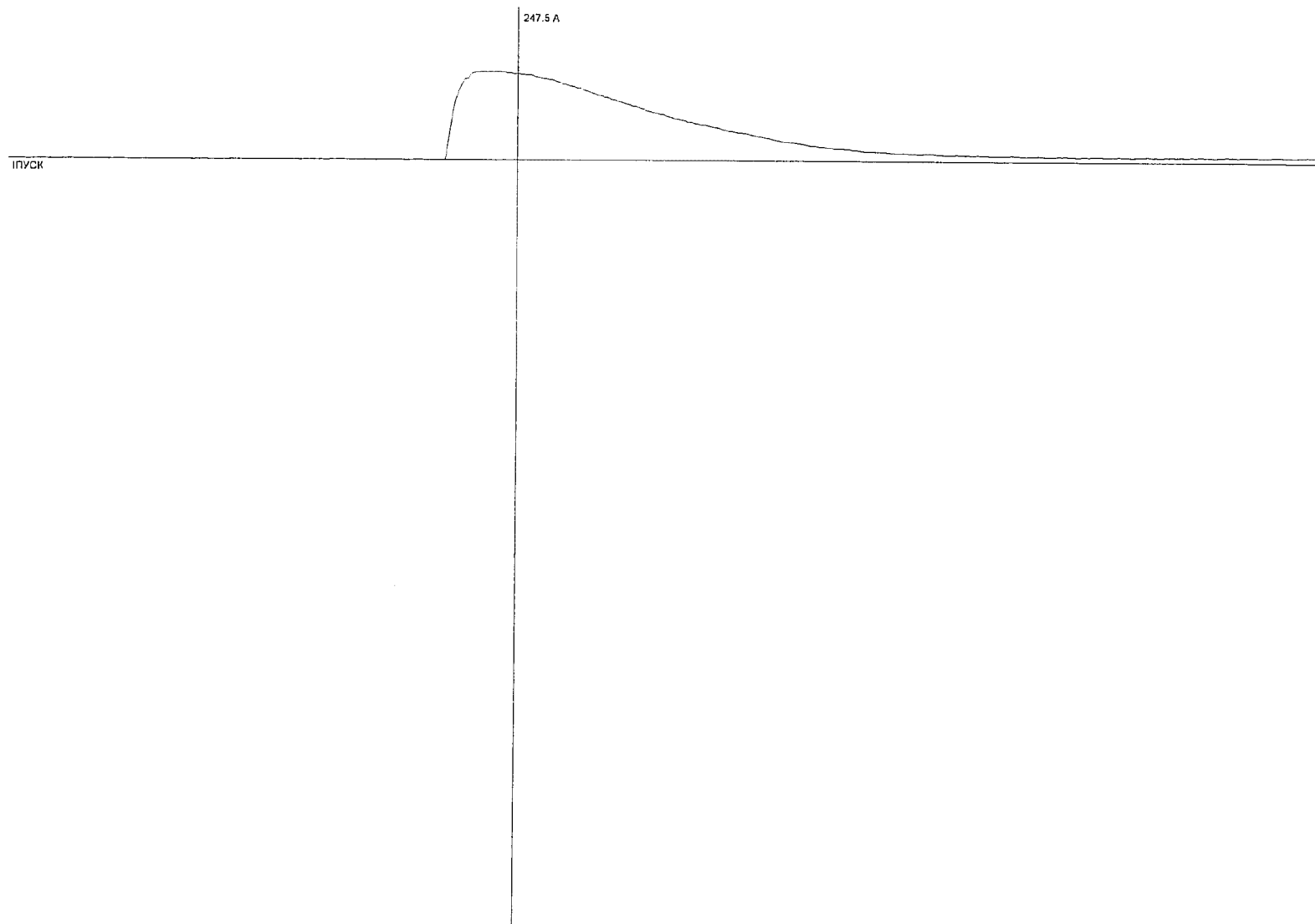


Рисунок 10. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-5.

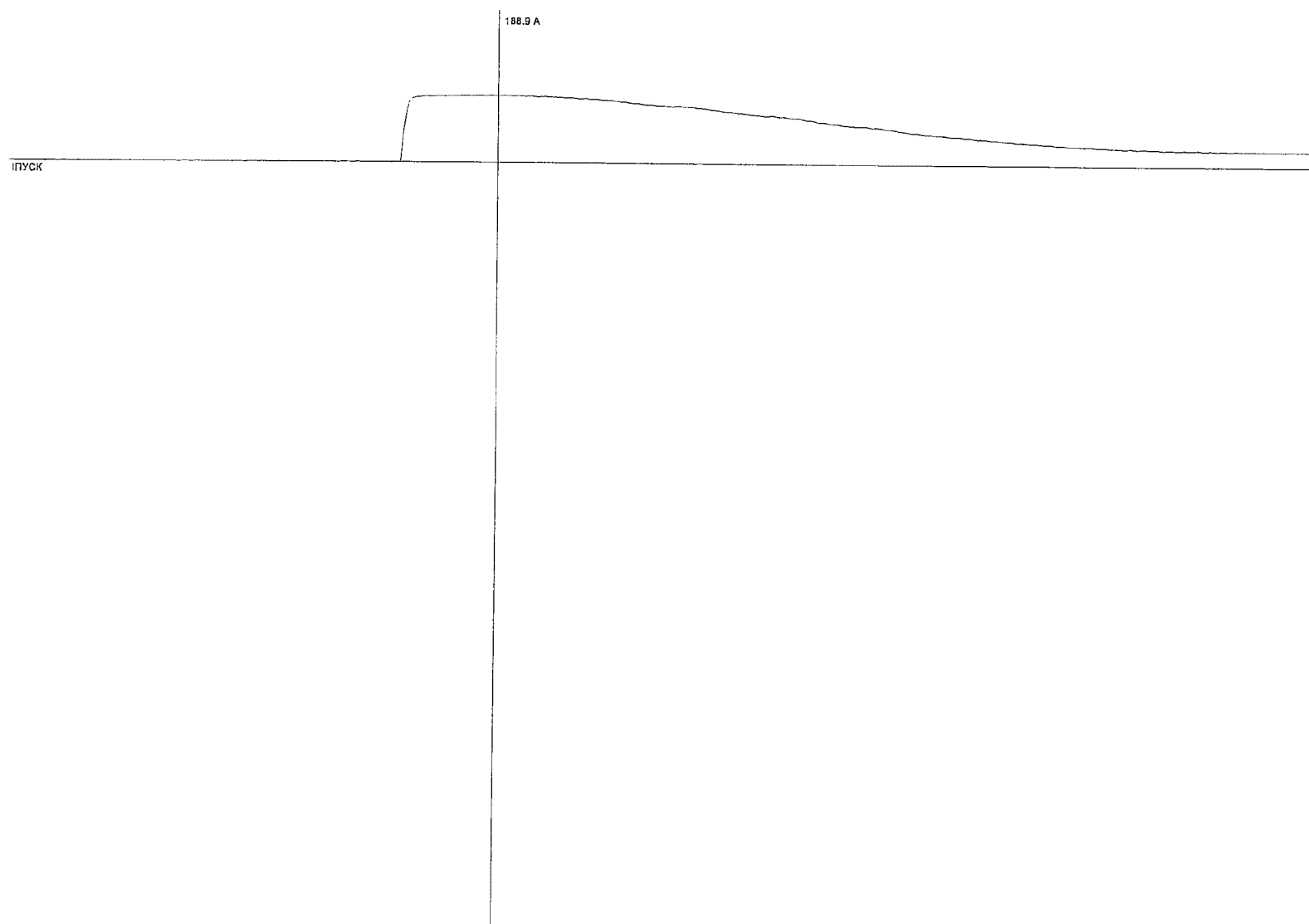


Рисунок 11. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-6.

Новый объект 8-Окт-2009 8:44:10.822 АМНУ-6

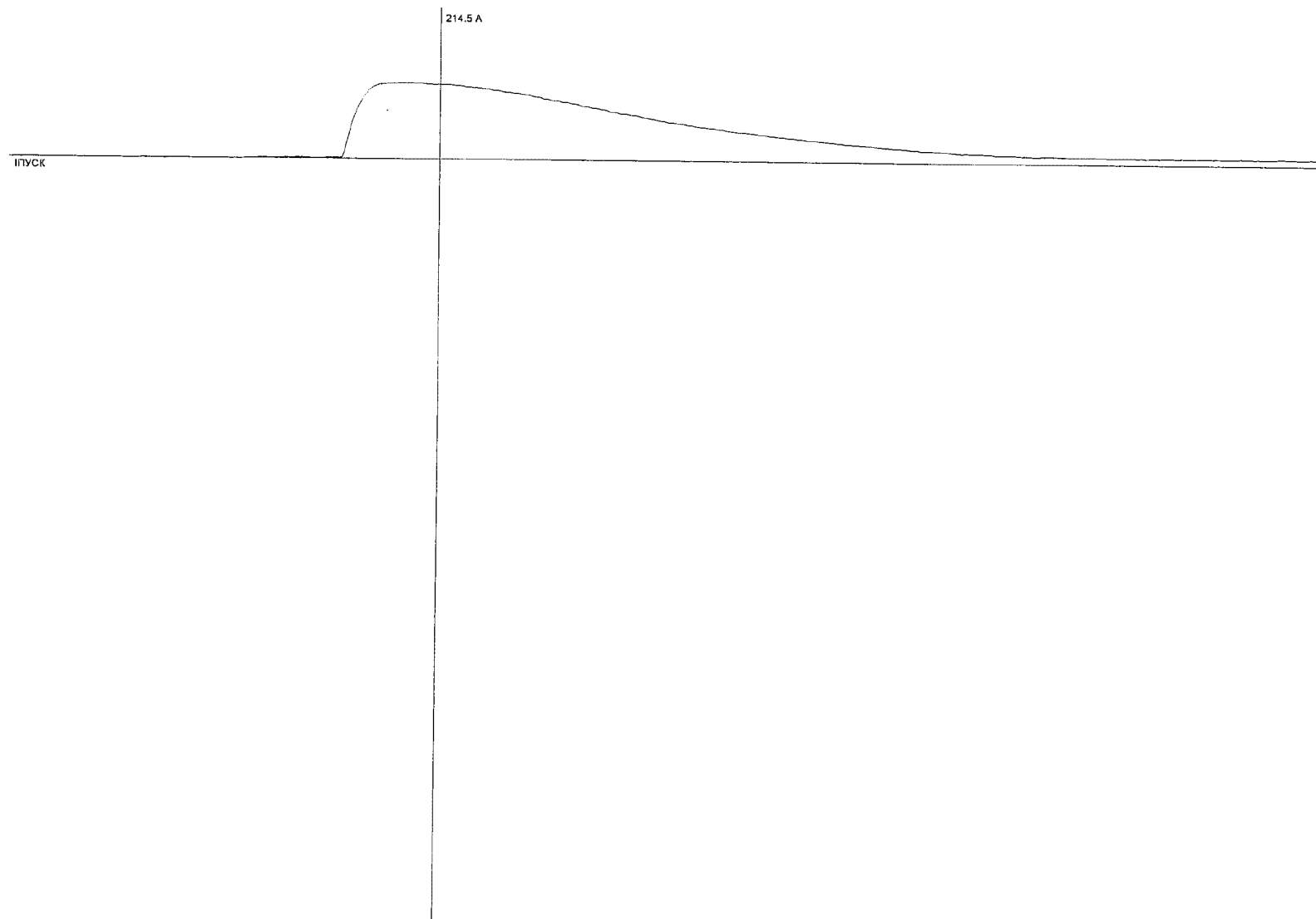


Рисунок 12. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-6.

Новый объект 7-Окт-2009 10:46:30.520 АМН-7

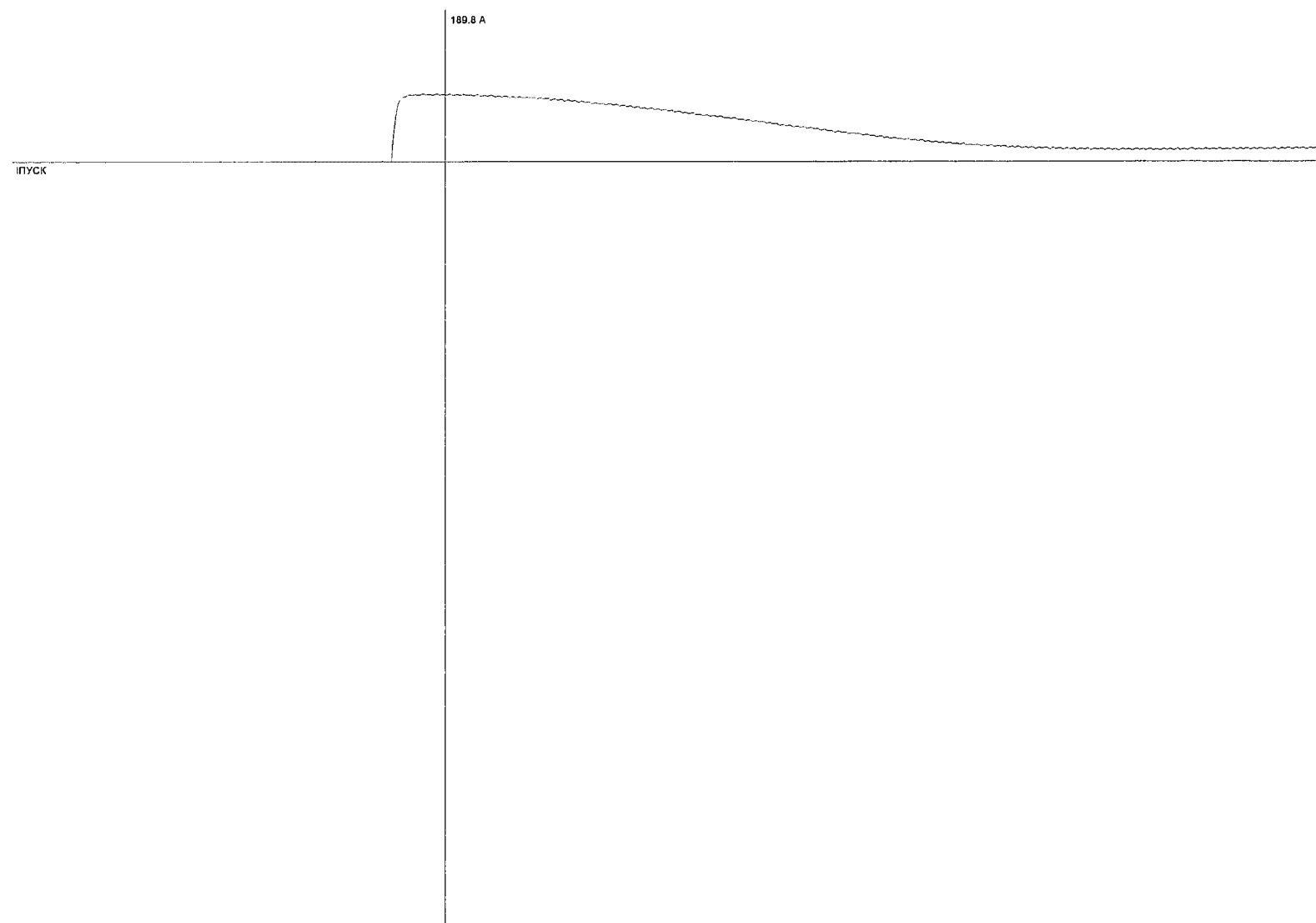


Рисунок 13. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-7.

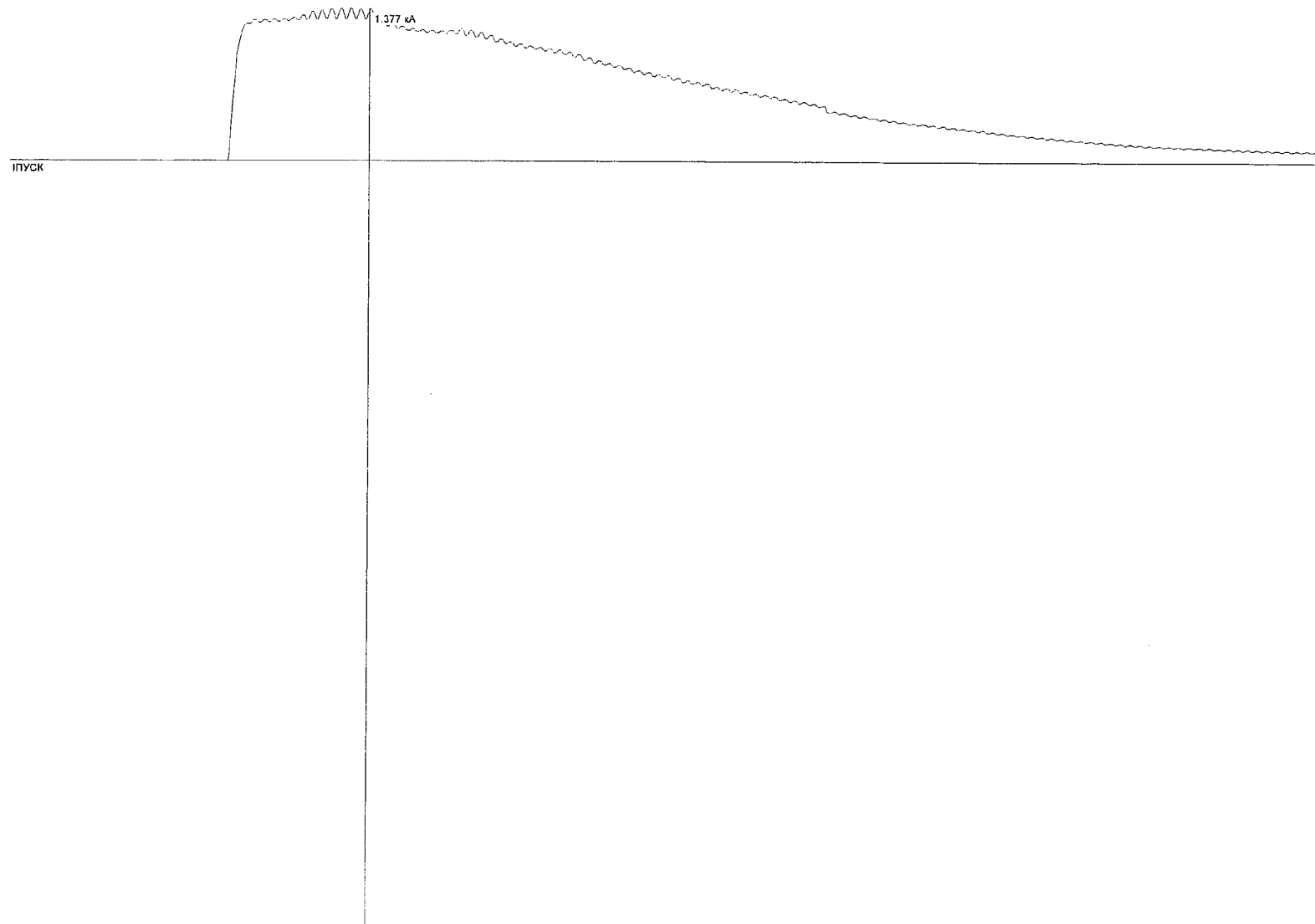


Рисунок 14. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-7.

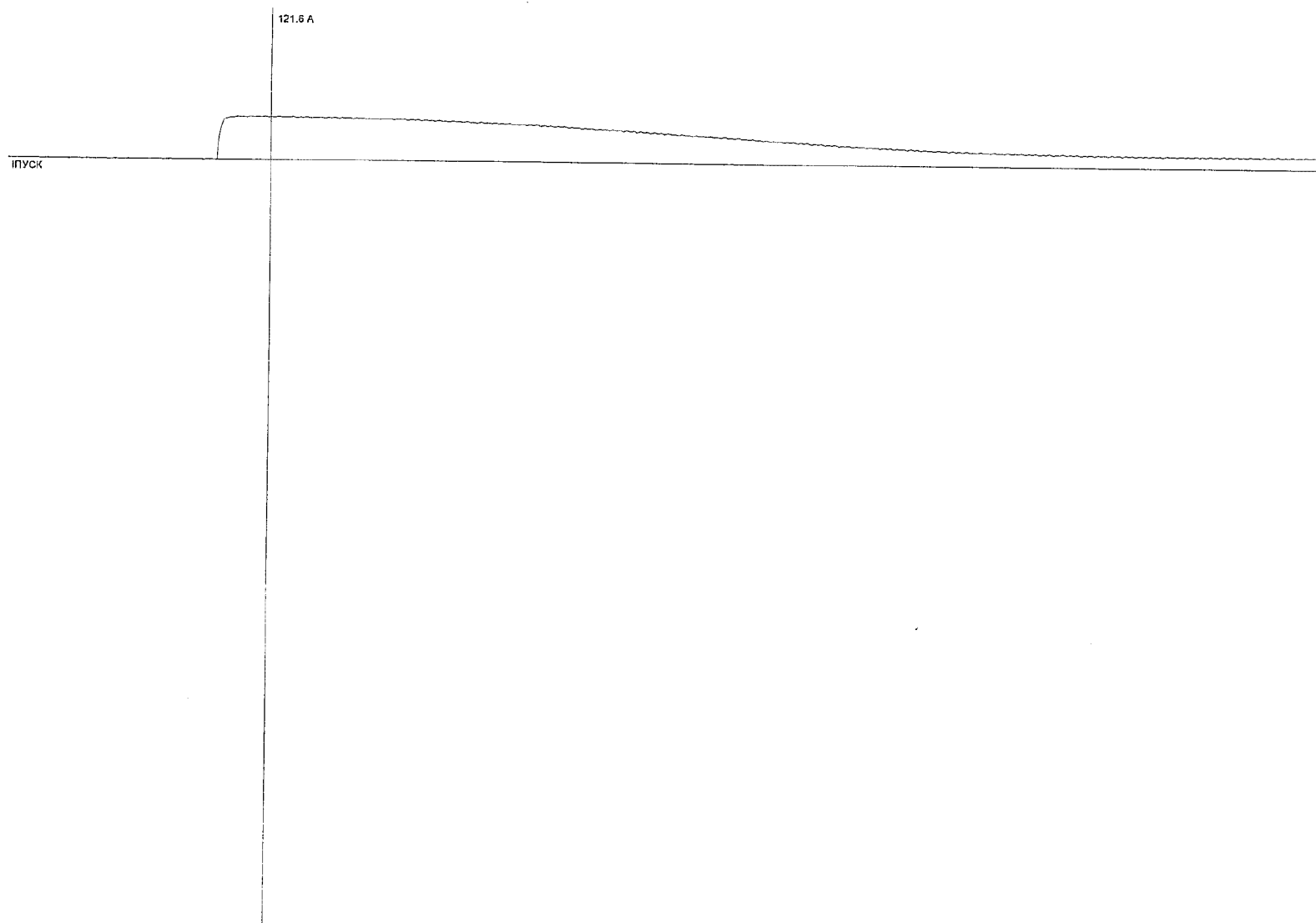


Рисунок 15. Осциллограмма значения пускового тока АМН ТГ-8.

Новый объект 7-Окт-2009 11:53:26.759 АМНУ-8

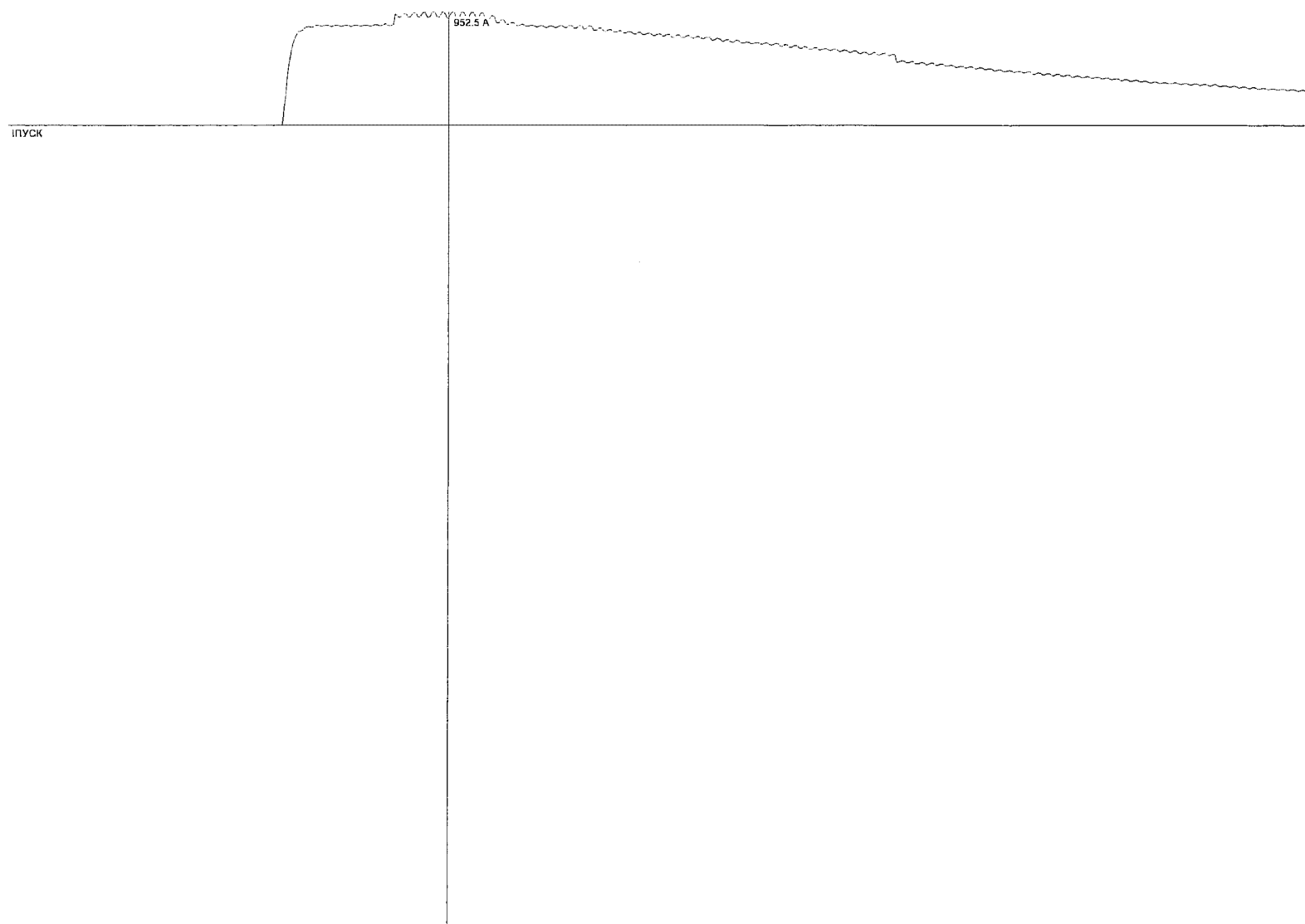


Рисунок 16. Осциллограмма значения пускового тока АМНУ ТГ-8.

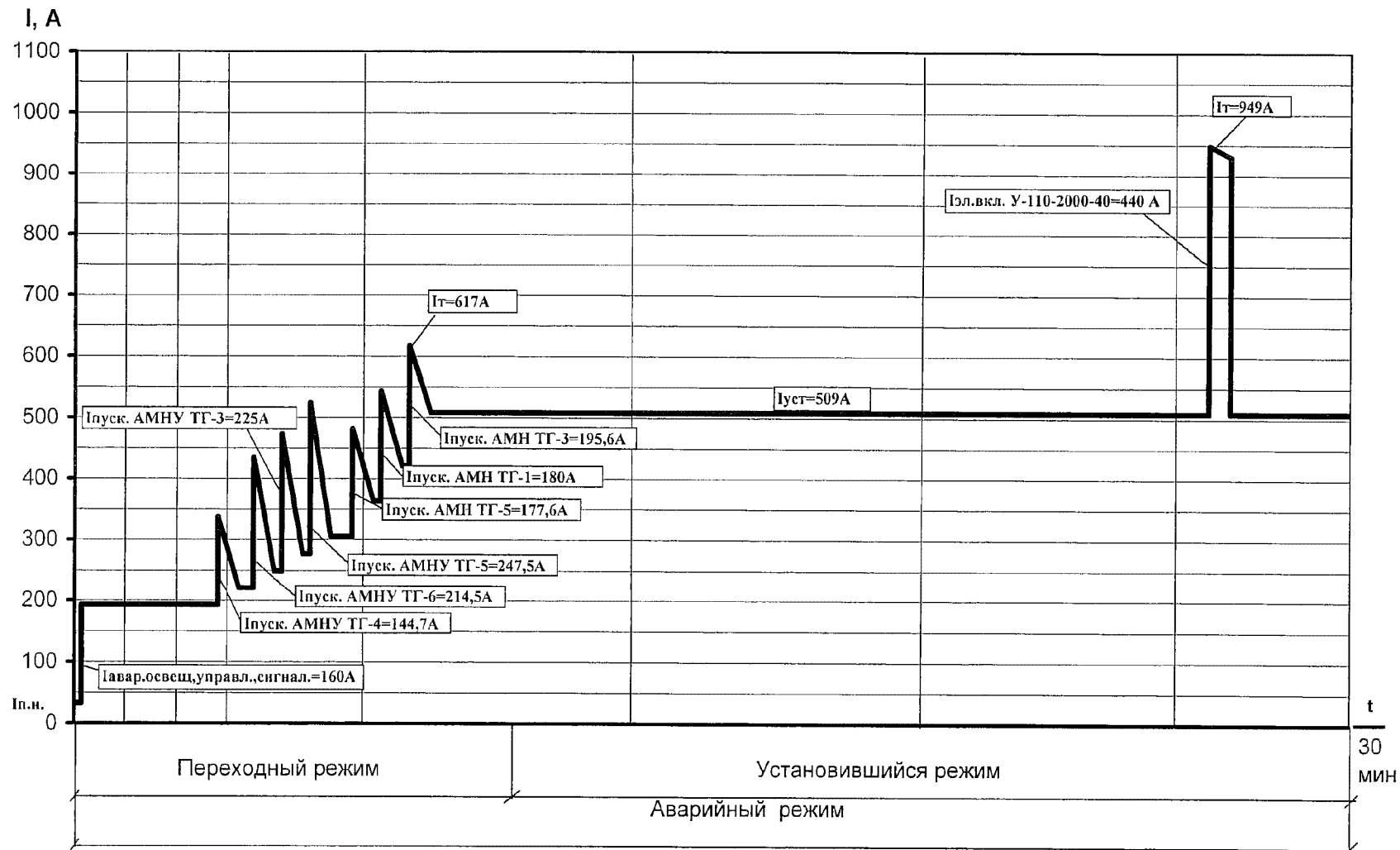


Рисунок 17 - График нагрузки для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-1 при питании потребителей I СШ ЩПТ-1.

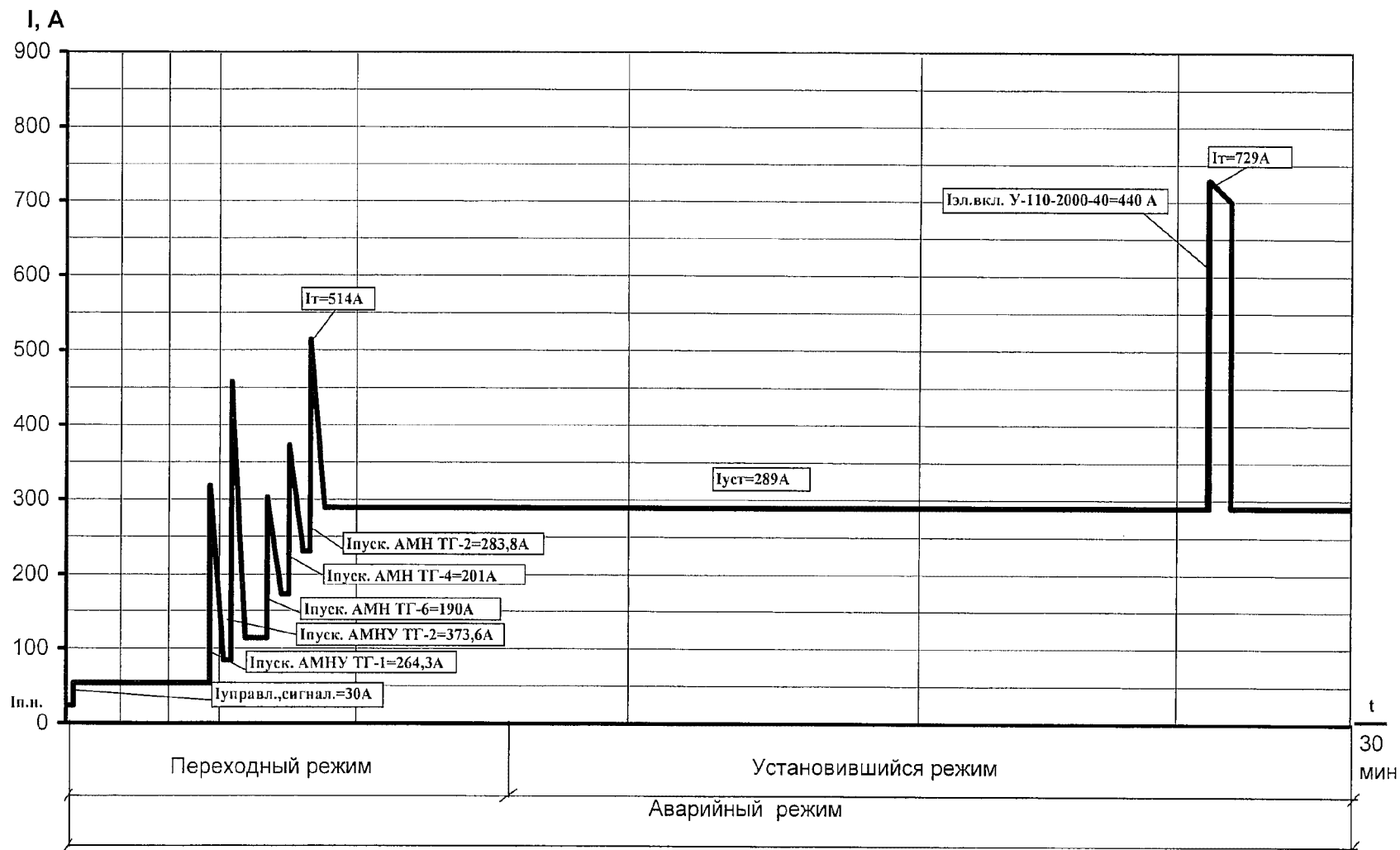


Рисунок 18 - График нагрузки для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-2 при питании потребителей II СН ЩПТ-1.

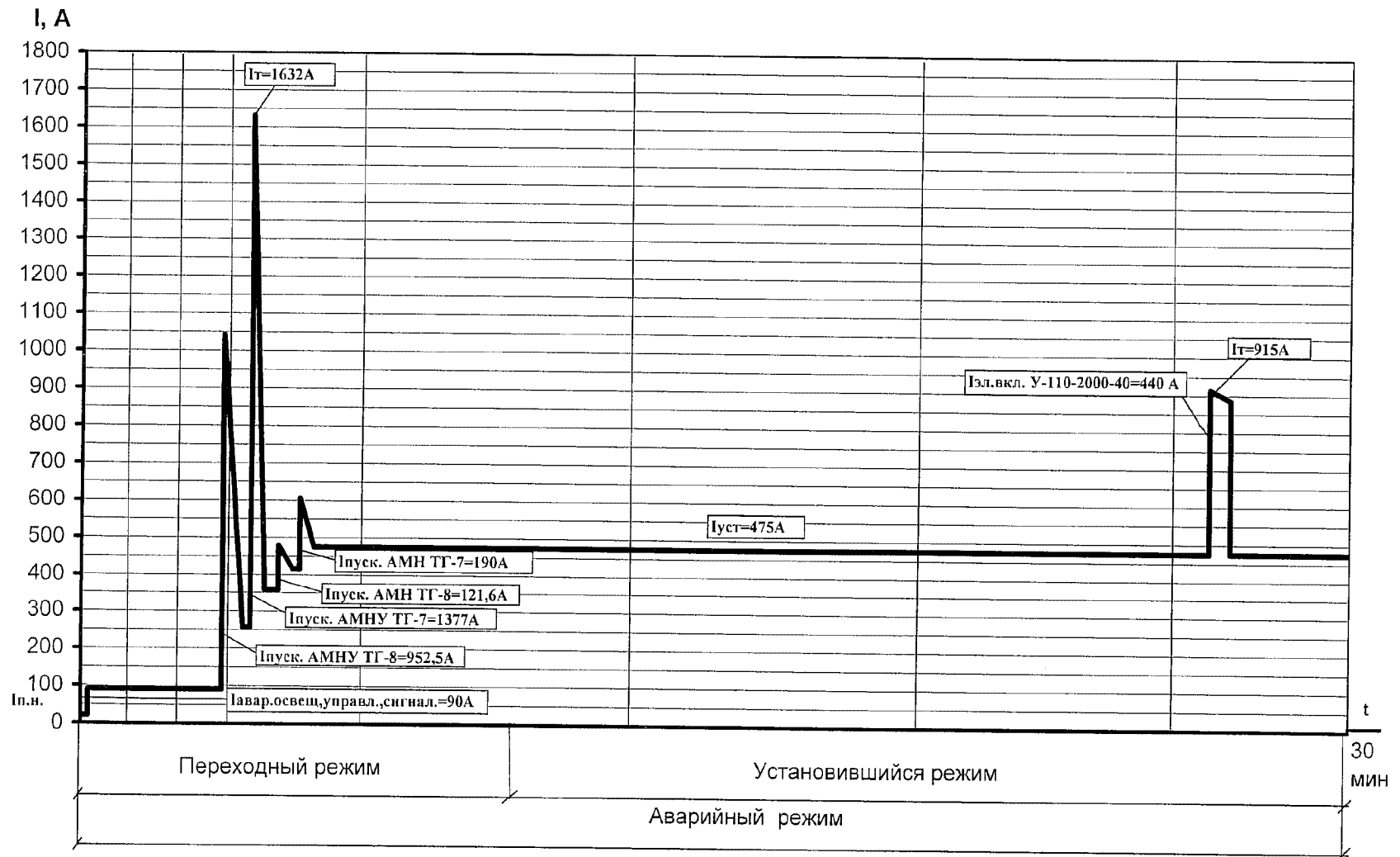


Рисунок 19 - График нагрузки для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-3 при питании потребителей ЩПТ-2.

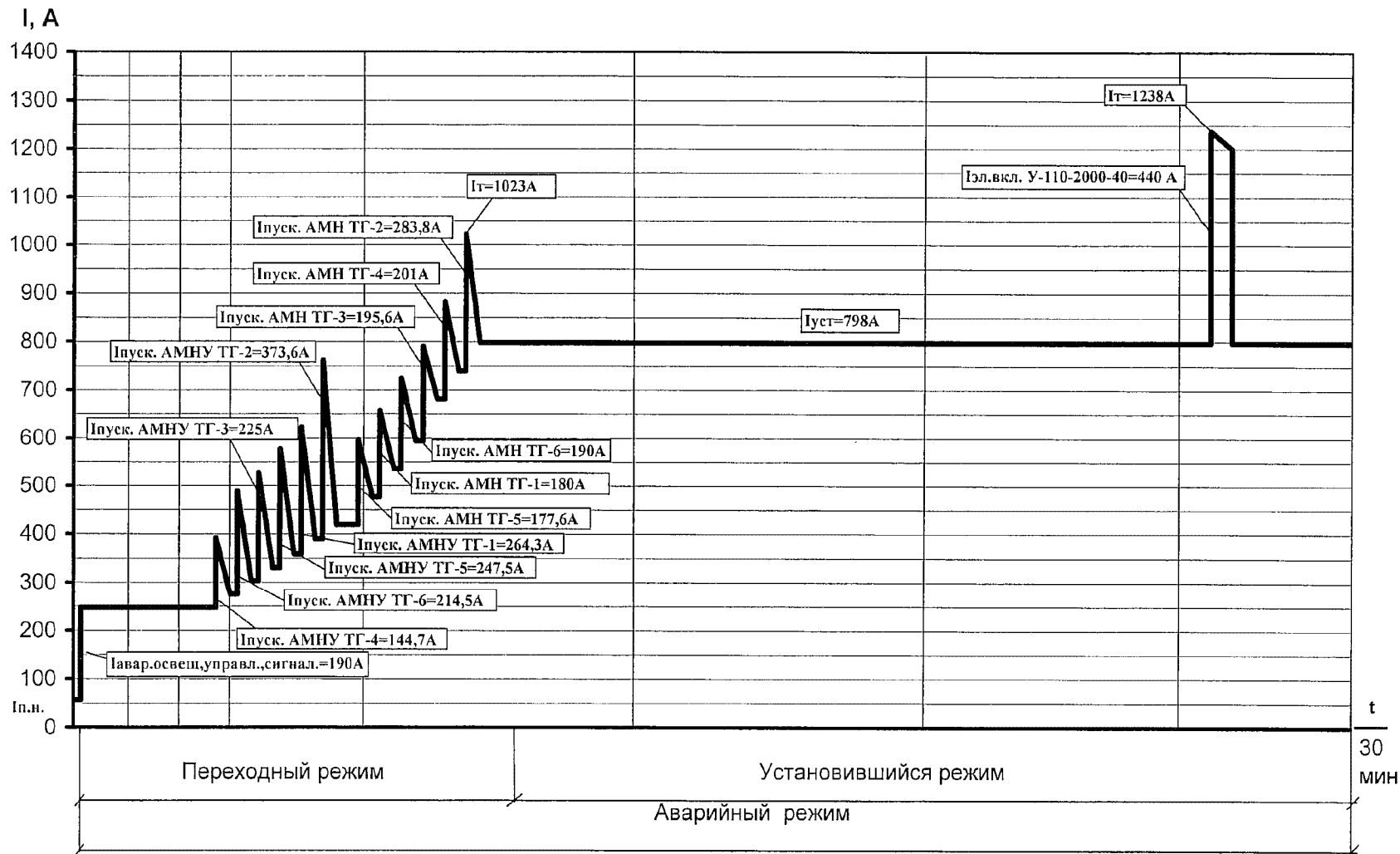


Рисунок 20 - График нагрузки для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-1(2) при питании потребителей I и II СШ ЩПТ-1.

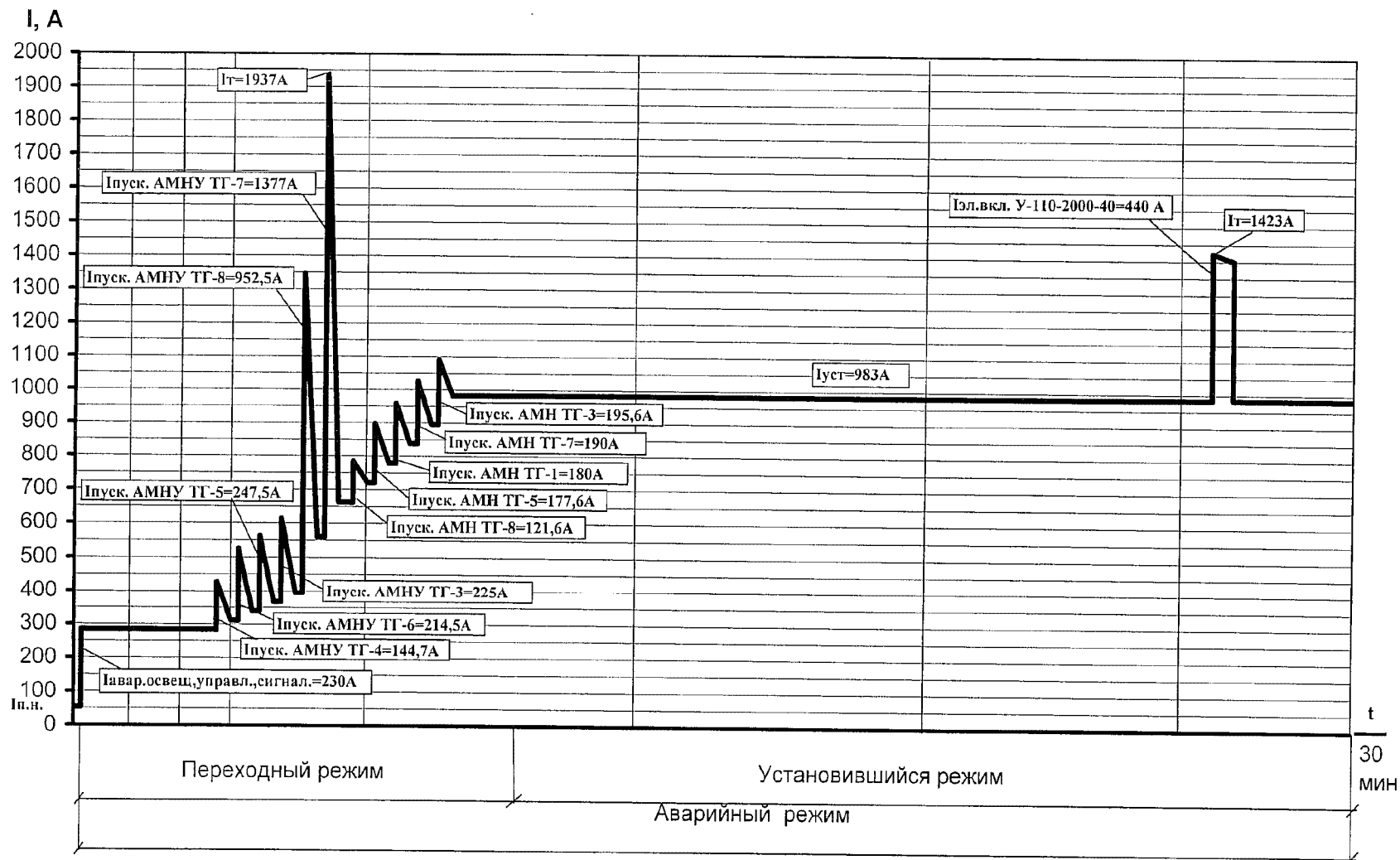


Рисунок 21 - График нагрузки для режима аварийного получасового исчезновения переменного напряжения в системе СН для АБ-1(3) при питании потребителей I СШ ЩПТ-1 и ЩПТ-2.

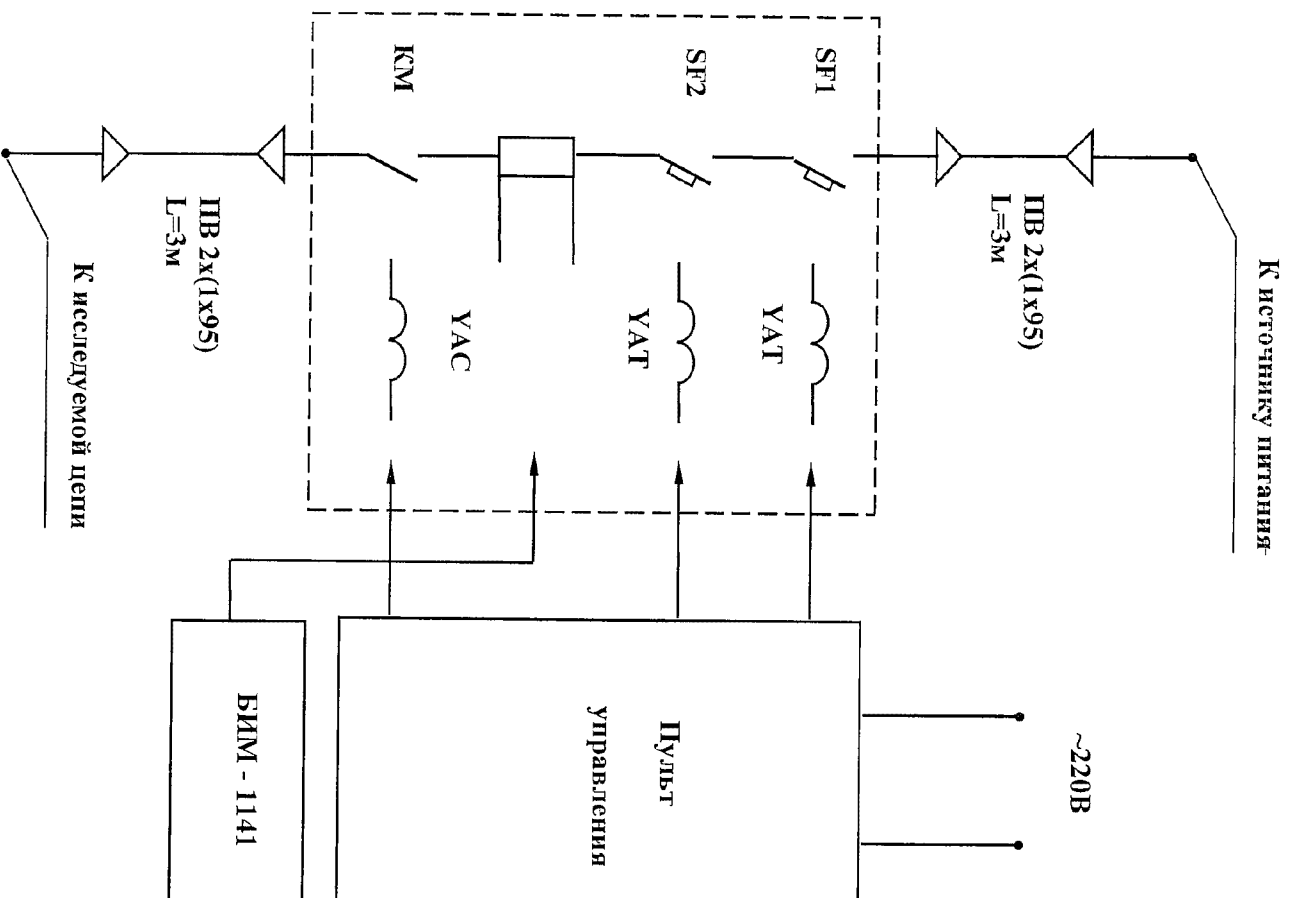


Рисунок 22 - Принципиальная схема установки для проведения опытов КЗ.

[illegible]

Рисунок 23 - Принципиальная электрическая схема определения внутреннего сопротивления АБ.

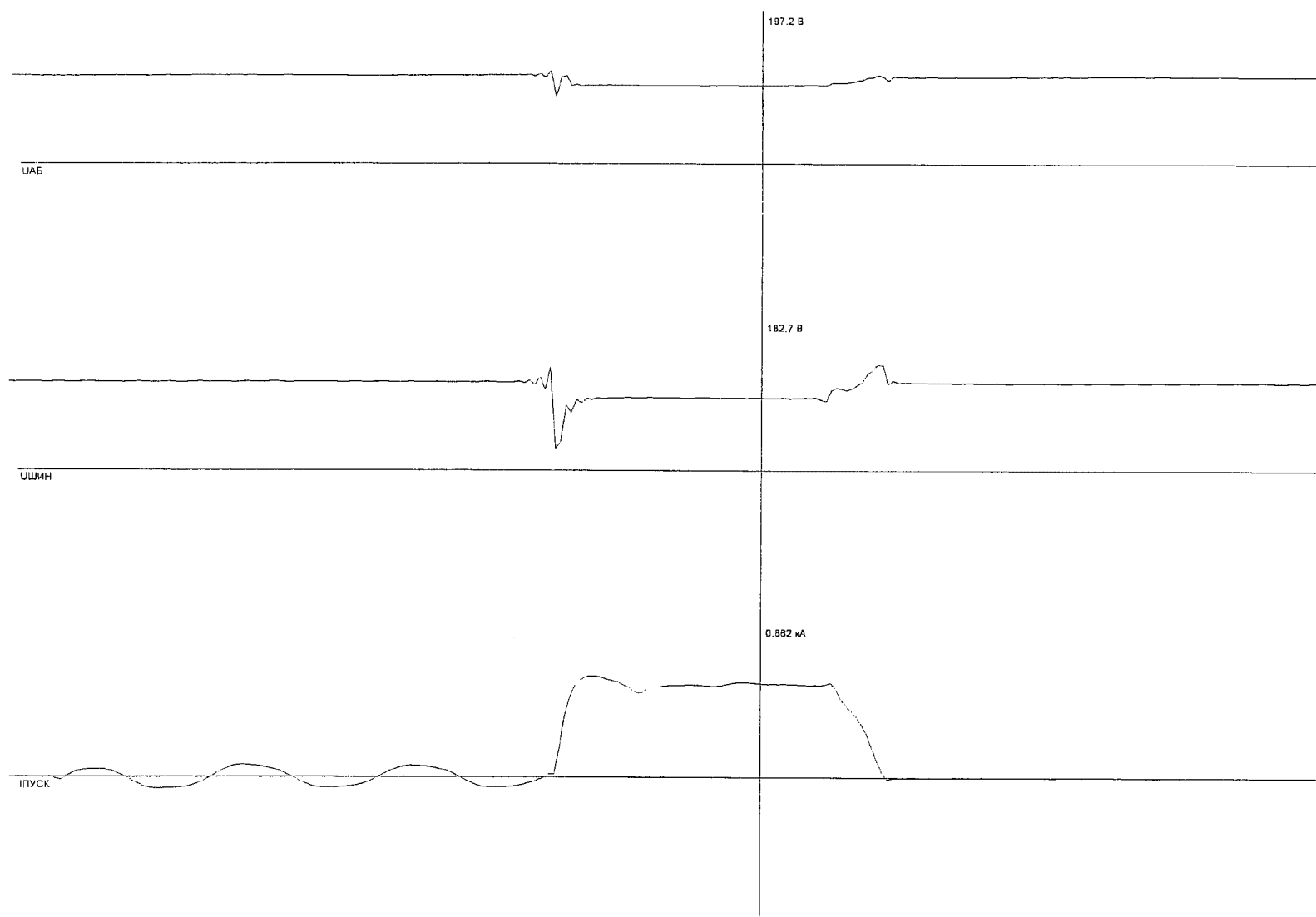


Рисунок 24. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-1 при питании от АБ-1С Rдоб

Новый объект 13-Окт-2009 8:53:37.582 КЗ от АБ-1

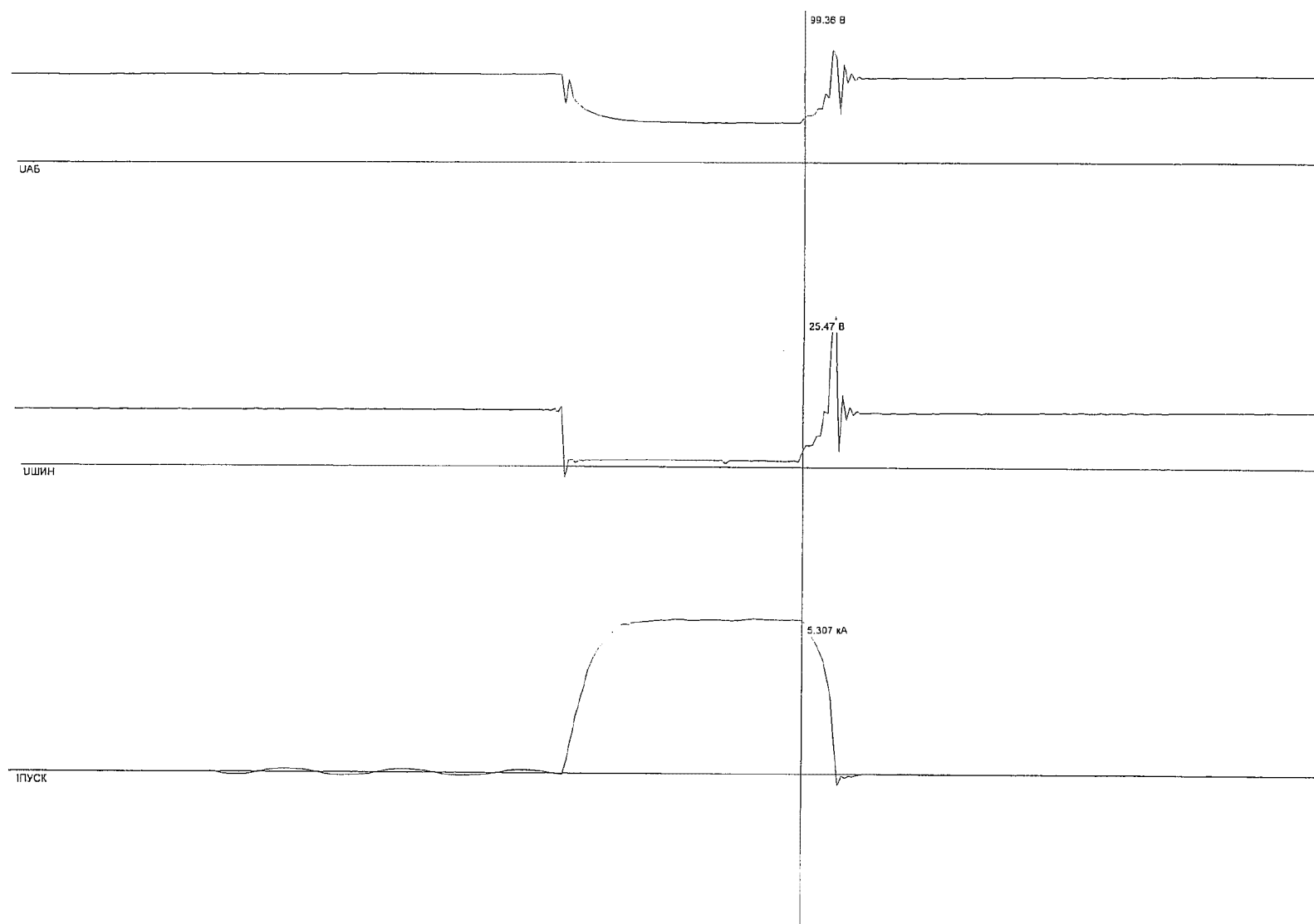
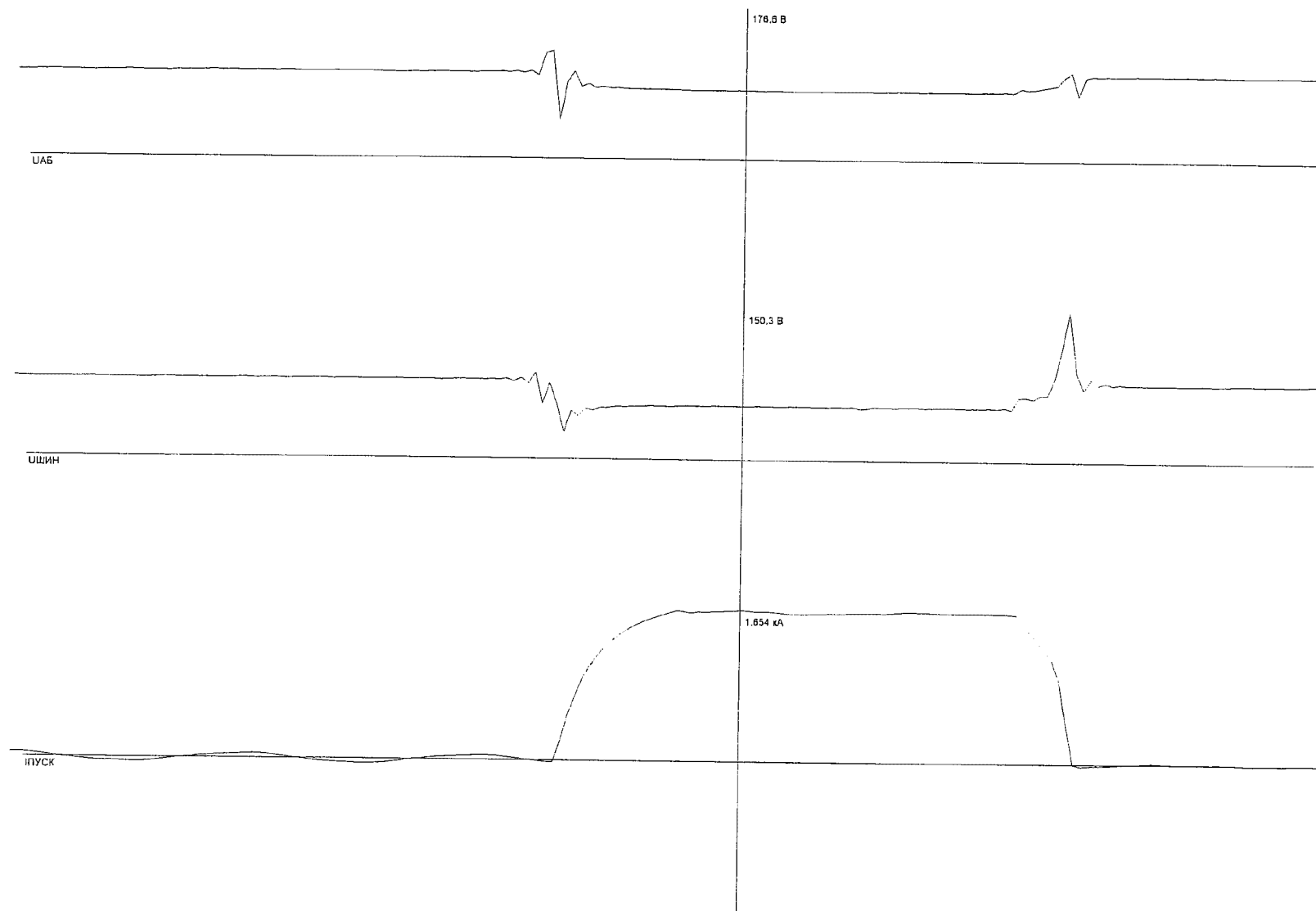


Рисунок 25. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-1 при питании от АБ-1.

Новый объект 13-Окт-2009 10:07:02.138 КЗ перемычка ЩПТ-1-ЩПТ-2 питание от АБ-1



**Рисунок 26. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ КЗ в цепи взаиморезервирования ЩПТ-1 – ЩПТ-2 при питании от АБ-1.**

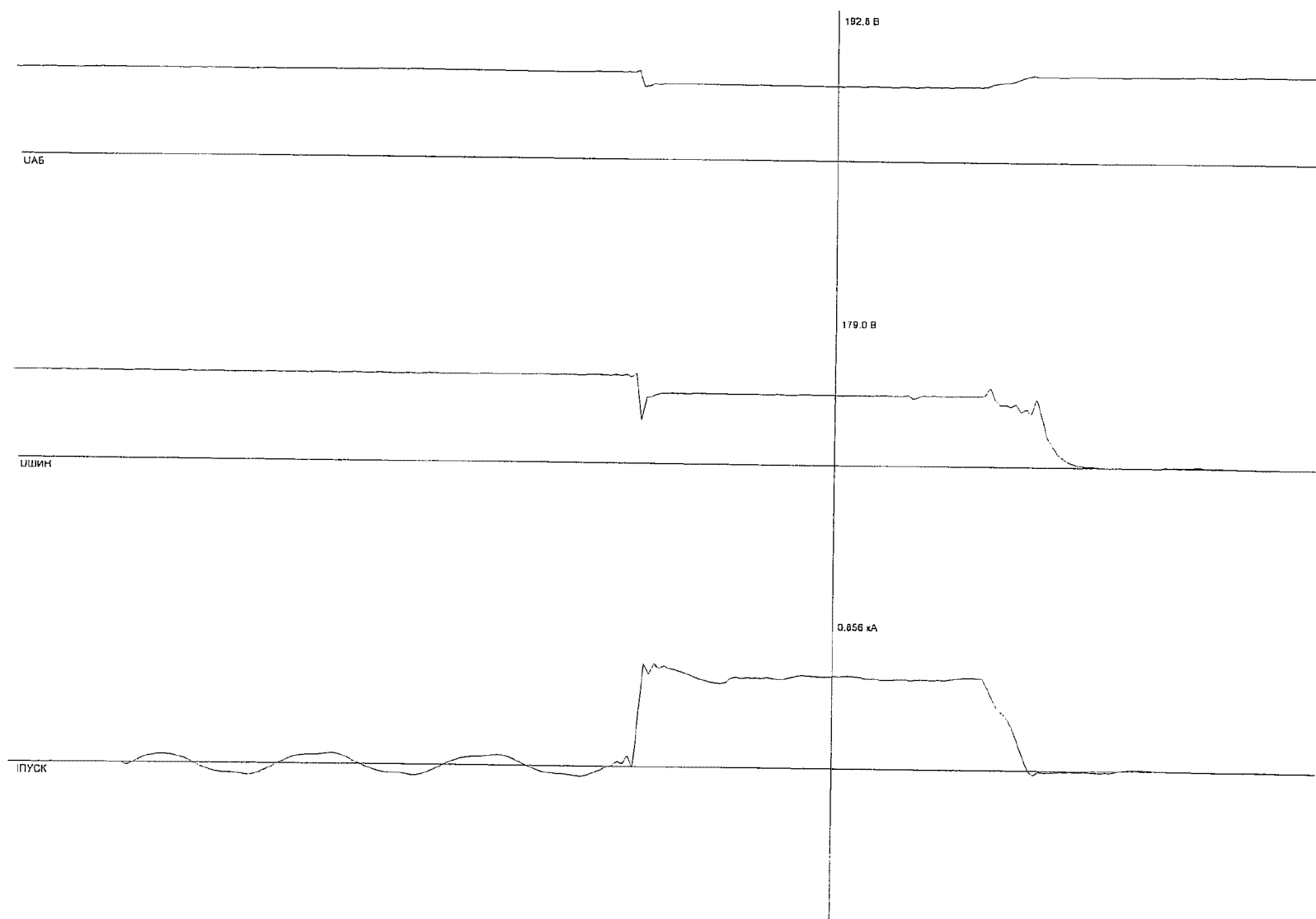


Рисунок 27. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-1 при питании от АБ-2 с  $R_{доб}$ .

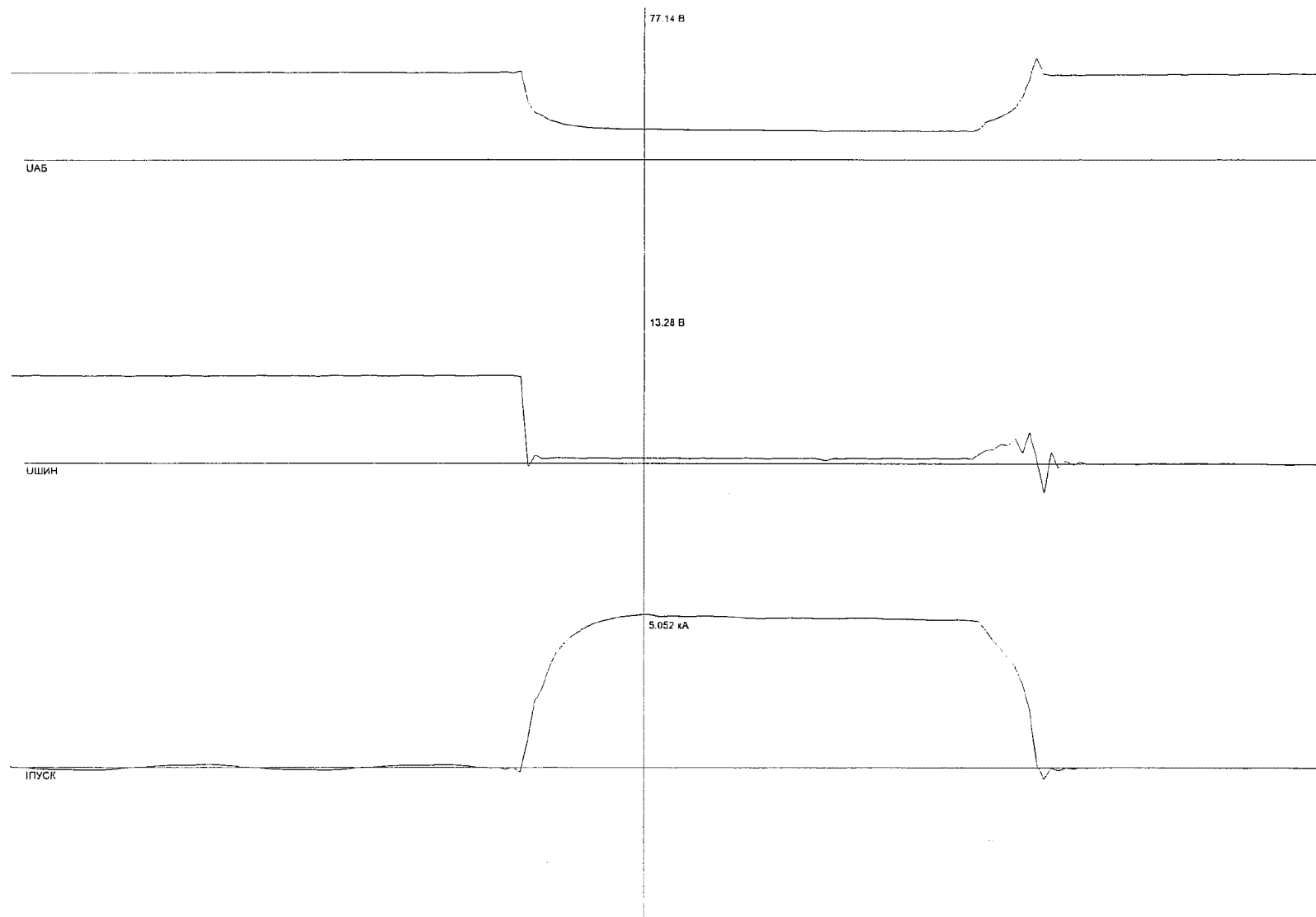


Рисунок 28. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-1 при питании от АБ-2.

Новый объект 14-Окт-2009 9:21:57.513 КЗ Rдоб от АБ-3

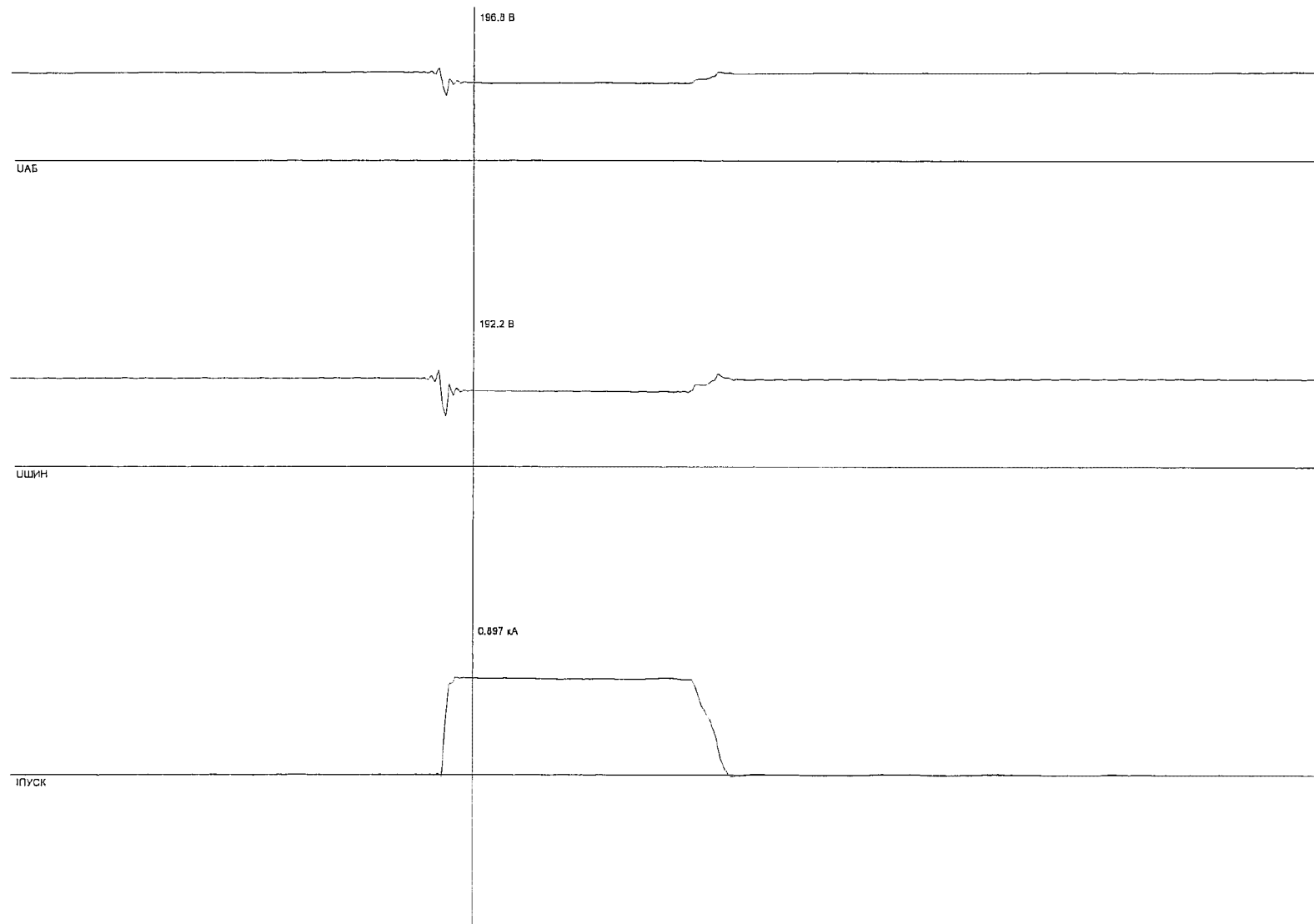


Рисунок 29. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-2 с  $R_{доб}$  при питании от АБ-3.

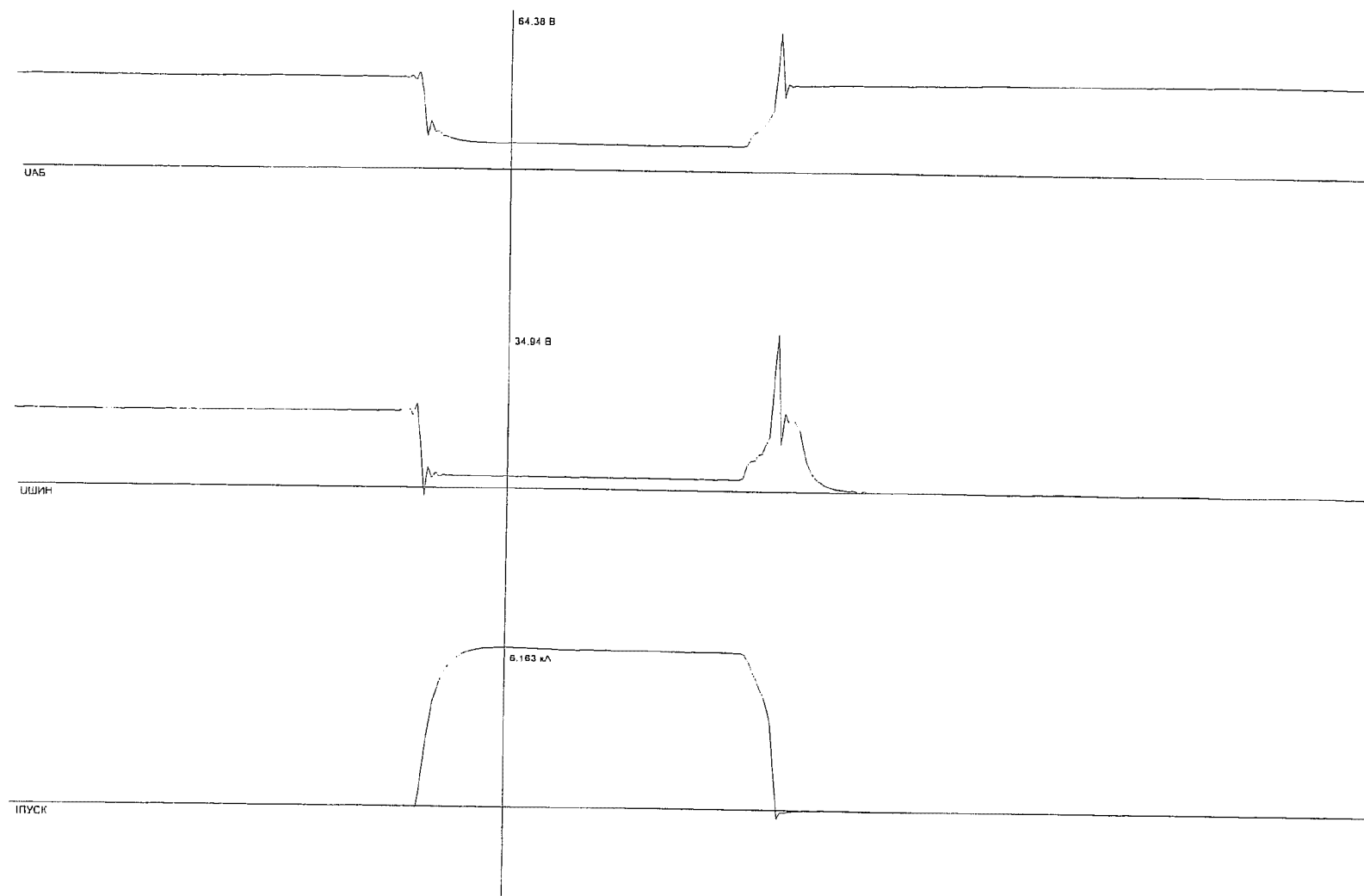


Рисунок 30. Осциллограмма значения тока межполюсного КЗ на шинах ЩПТ-2 при питании от АБ-3.

$U_{аб}, В/эл$

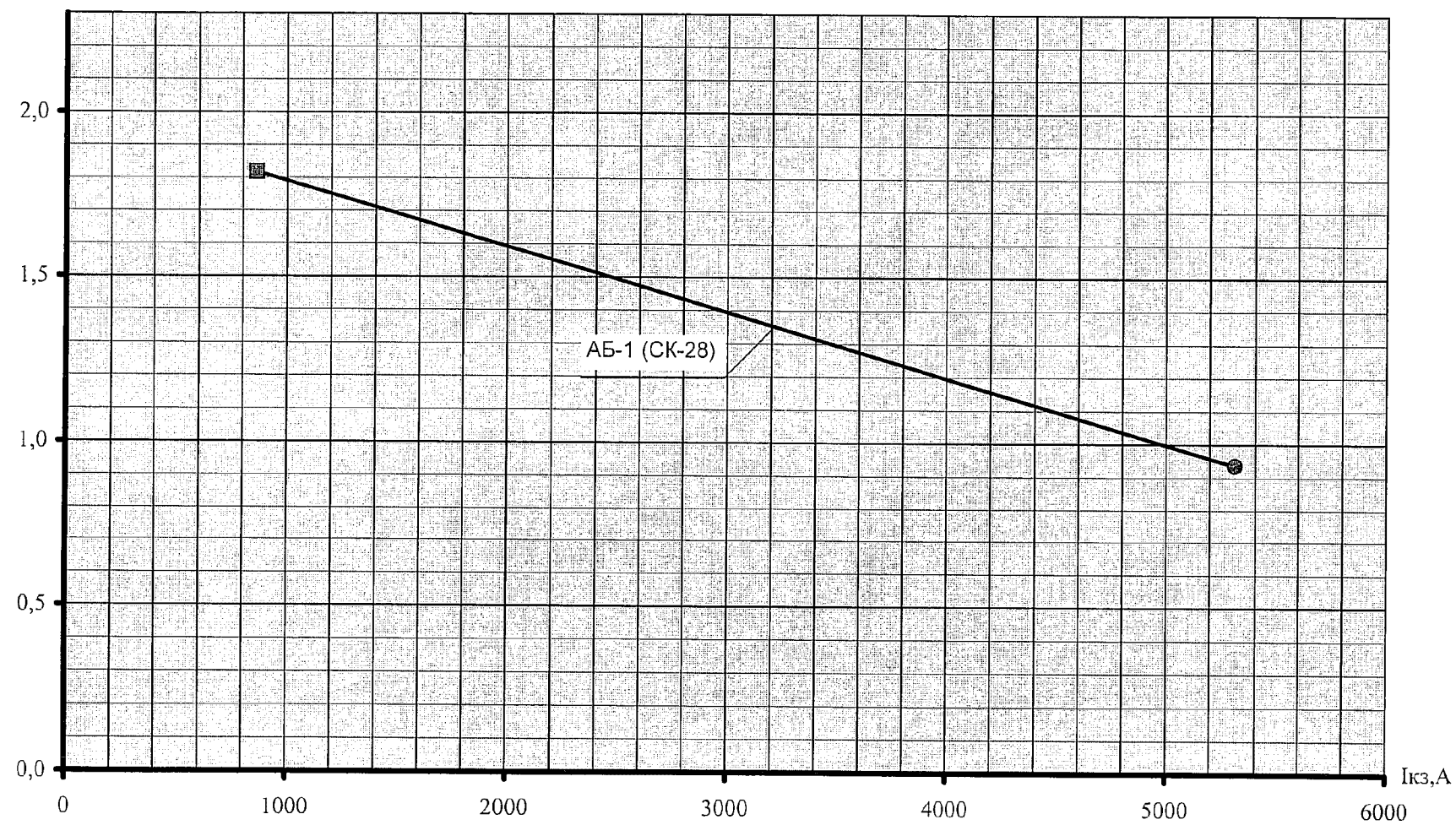


Рисунок 31 - Вольт-амперная характеристика аккумуляторной батареи АБ-1.

$U_{аб}, В/эл$

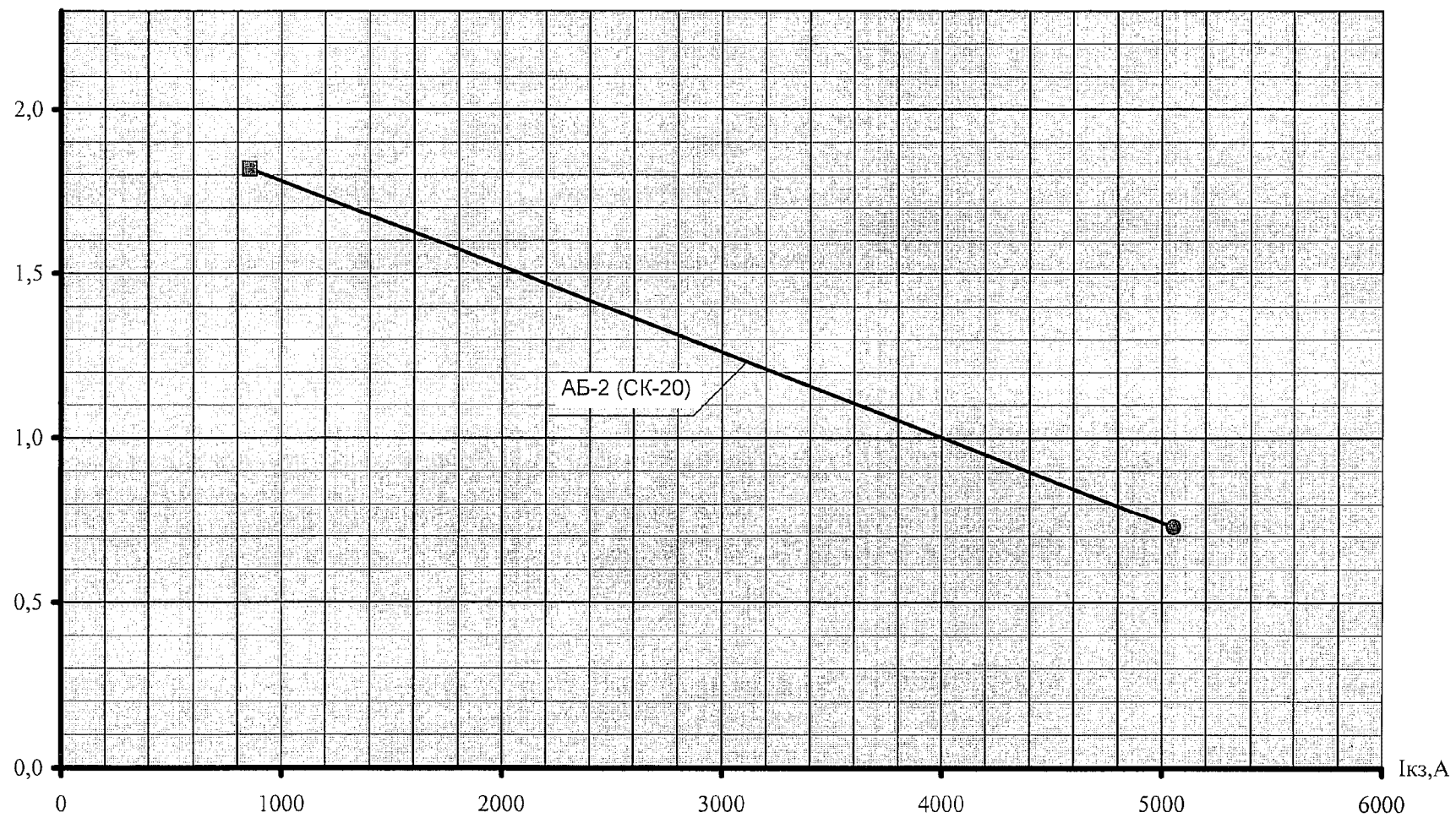


Рисунок 32 - Вольт-амперная характеристика аккумуляторной батареи АБ-2.

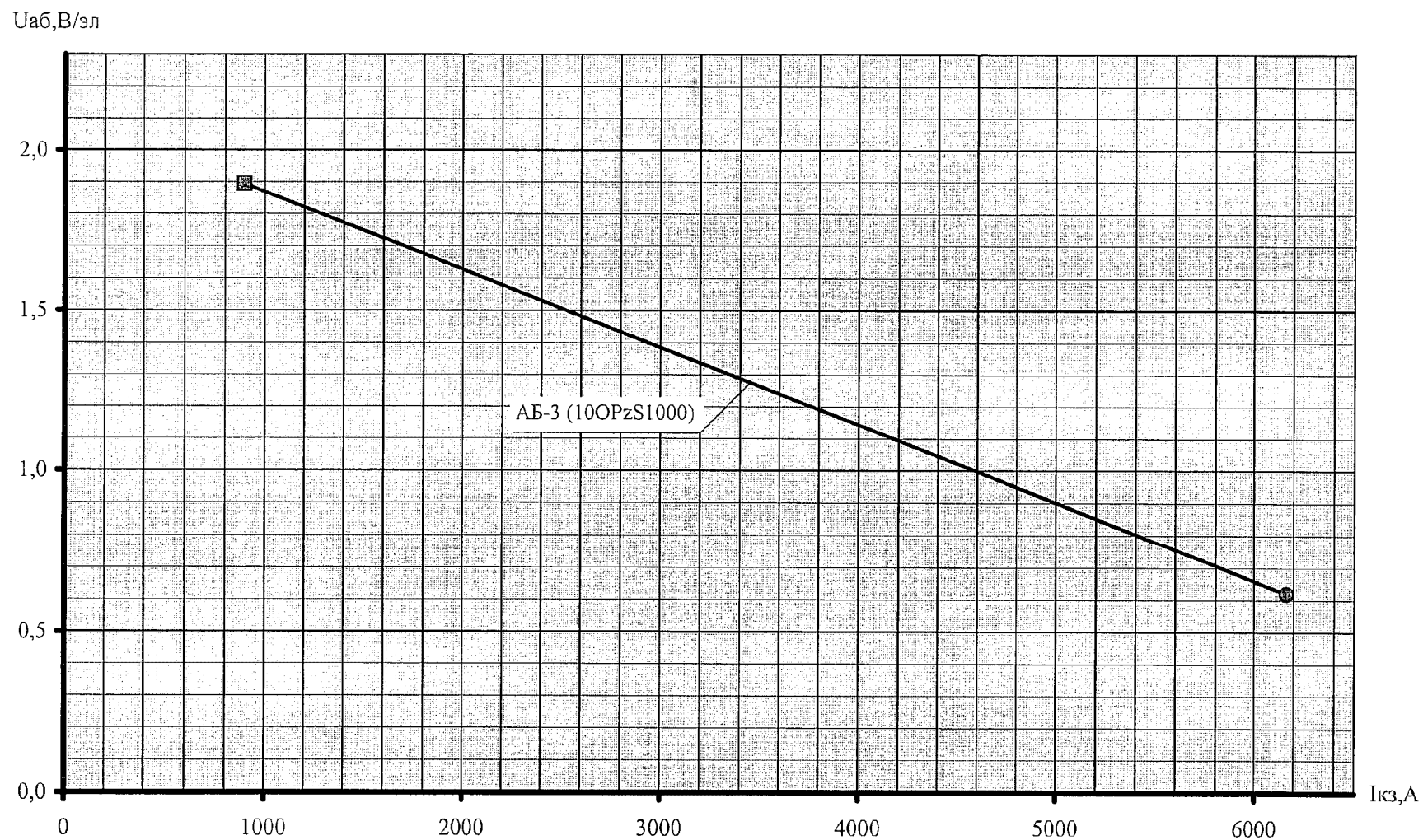


Рисунок 33 - Вольт-амперная характеристика аккумуляторной батареи АБ-3.

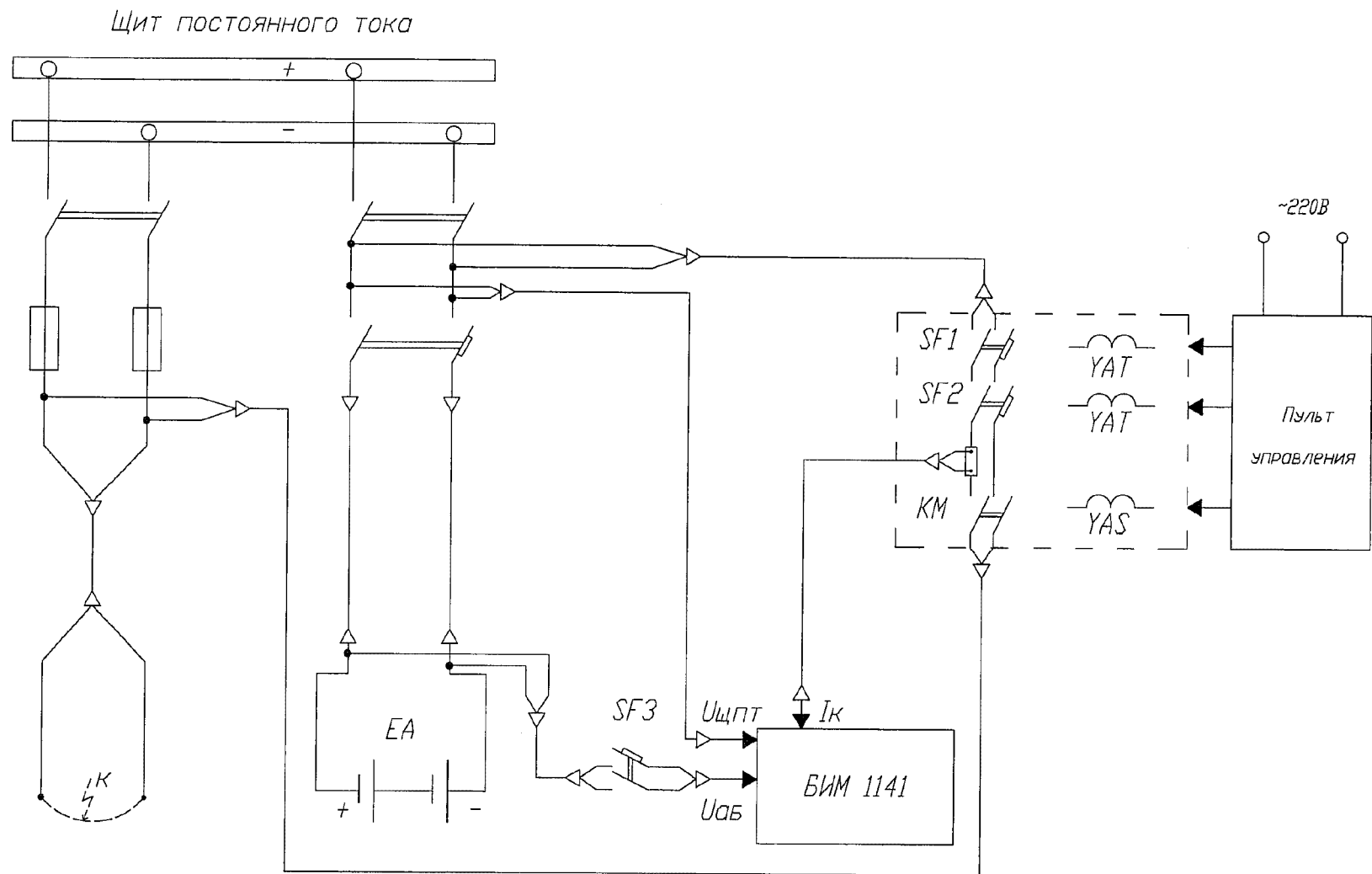


Рисунок 34 - Принципиальная электрическая схема определения токов КЗ в цепях присоединения.

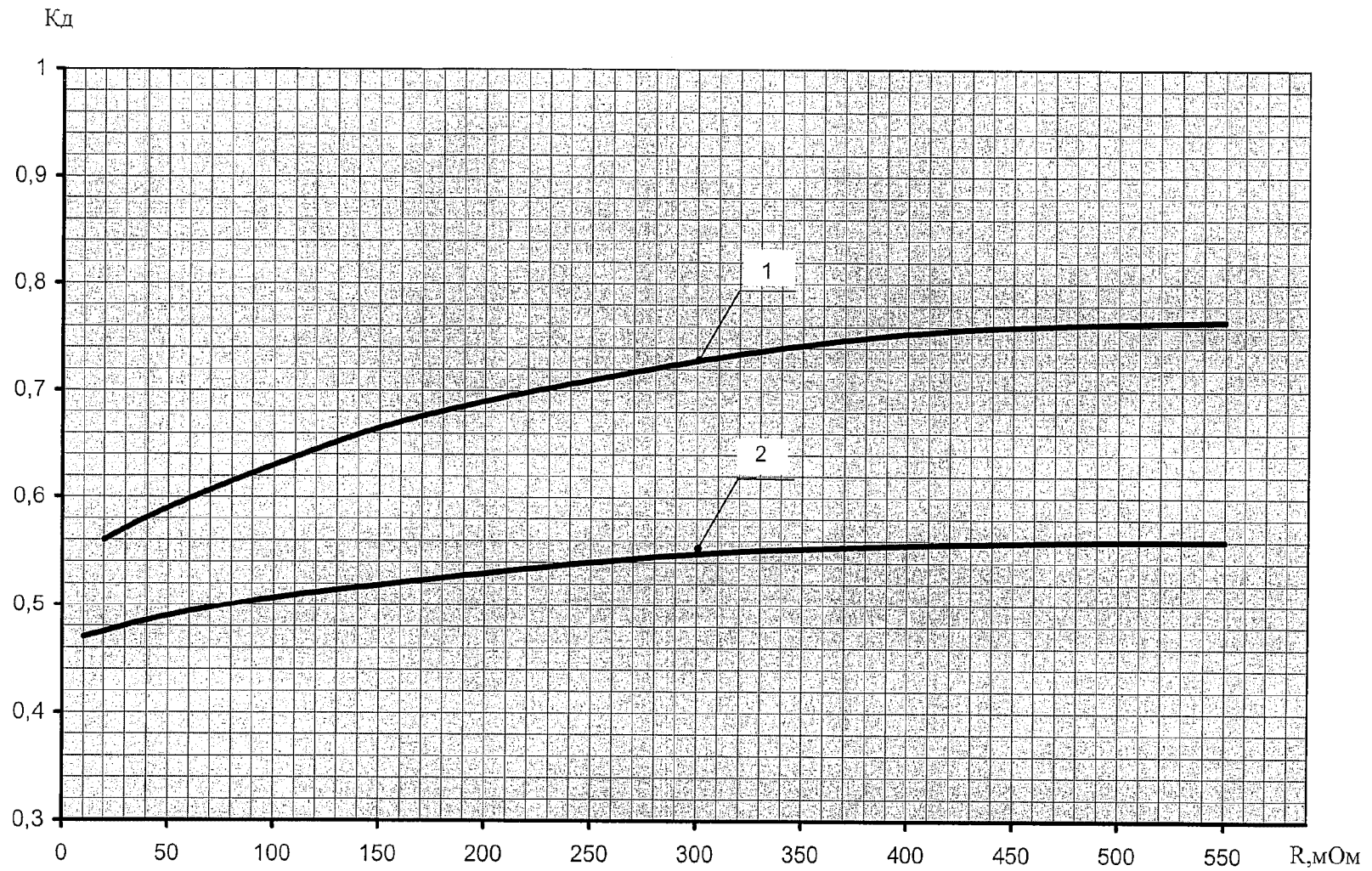


Рисунок 35 - Зависимость величины  $K_d$  от сопротивления цепи короткого замыкания.

- 1 - для амплитудных значений тока КЗ
- 2 - для среднеквадратичных значений тока КЗ



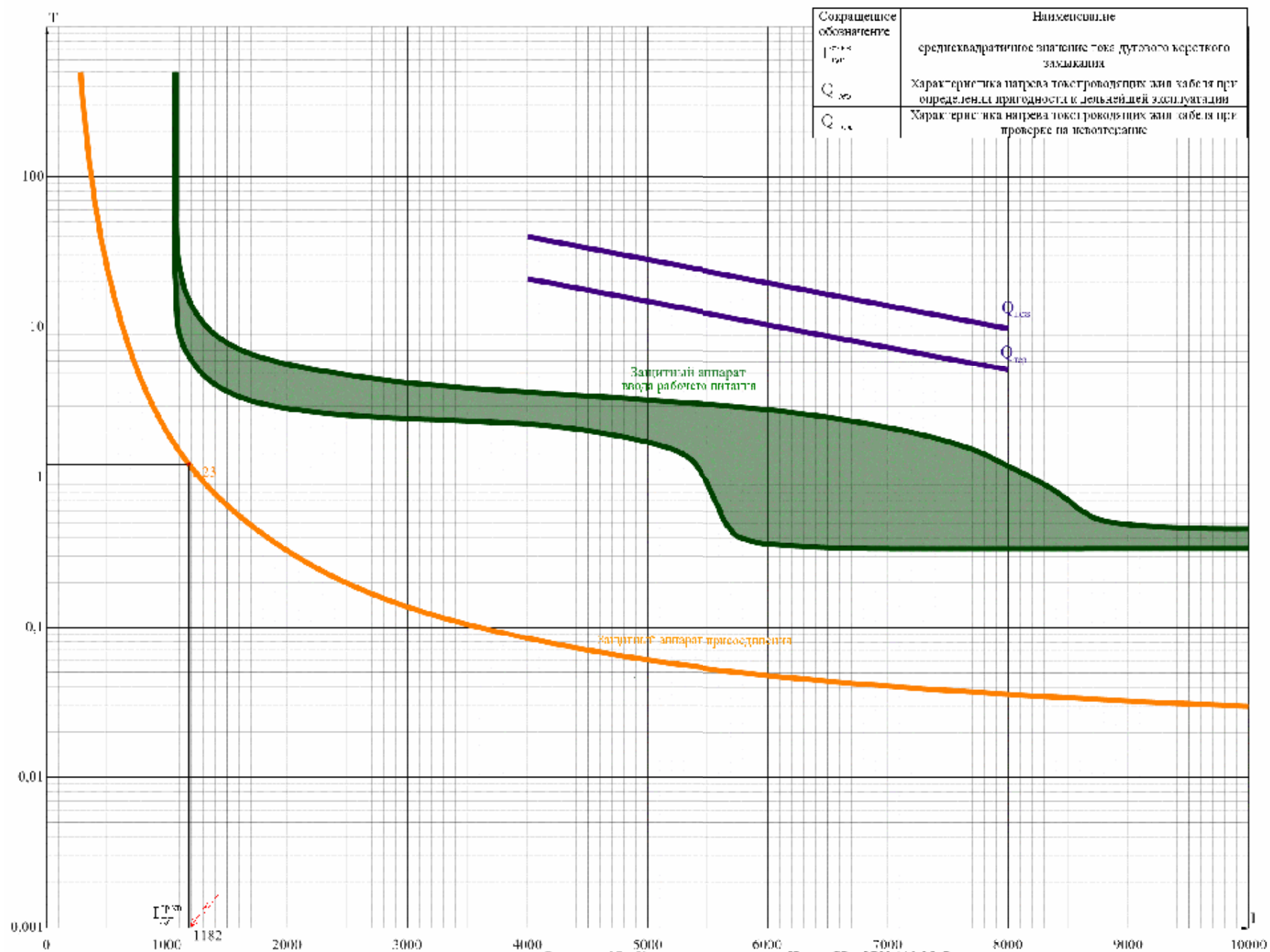


Рисунок 37. Карта селективности: Целя СВ ОРУ-110,35кВ

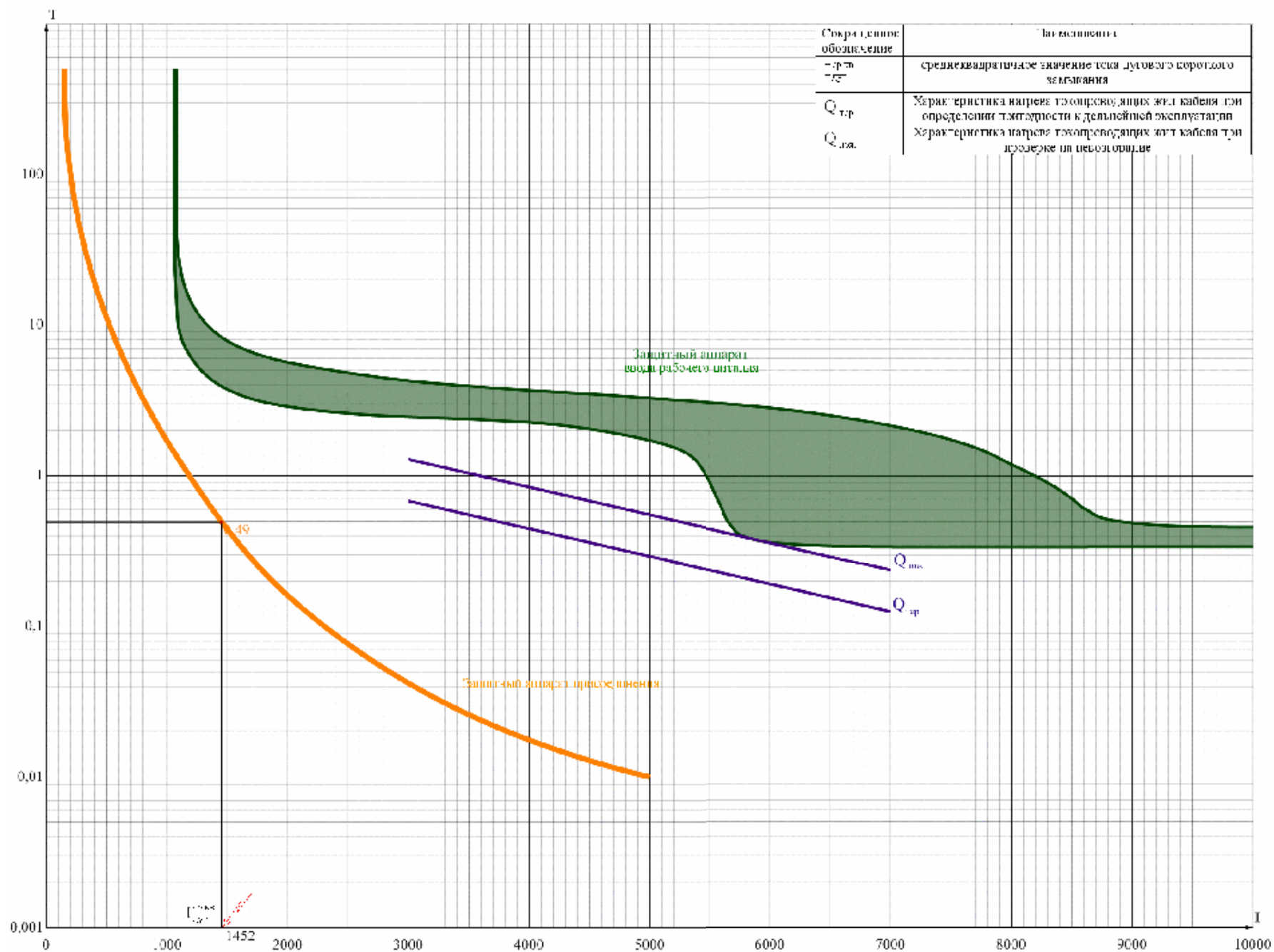


Рисунок 38. Карта селективности: Цели СВ РУСН-0,4кВ

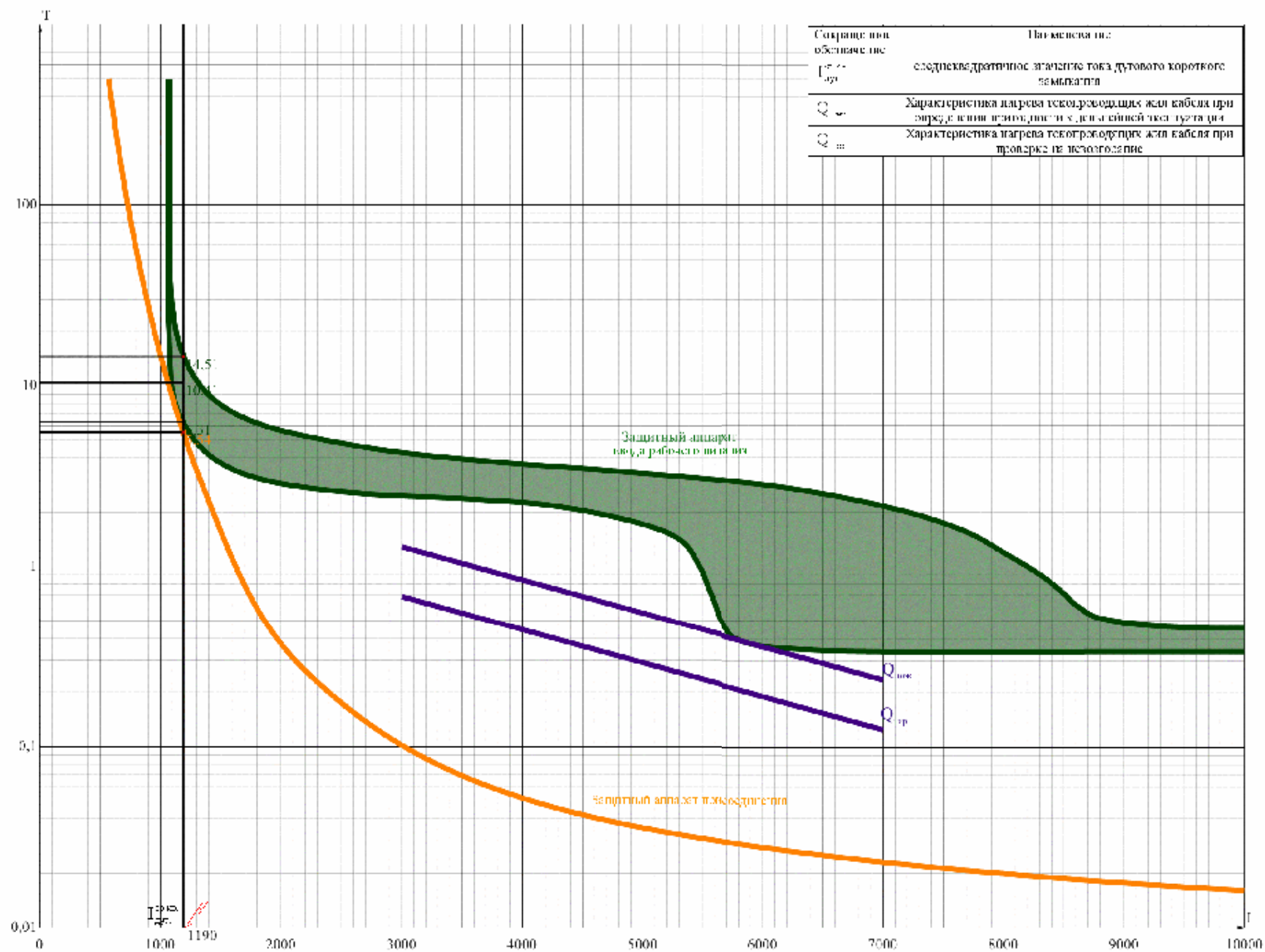
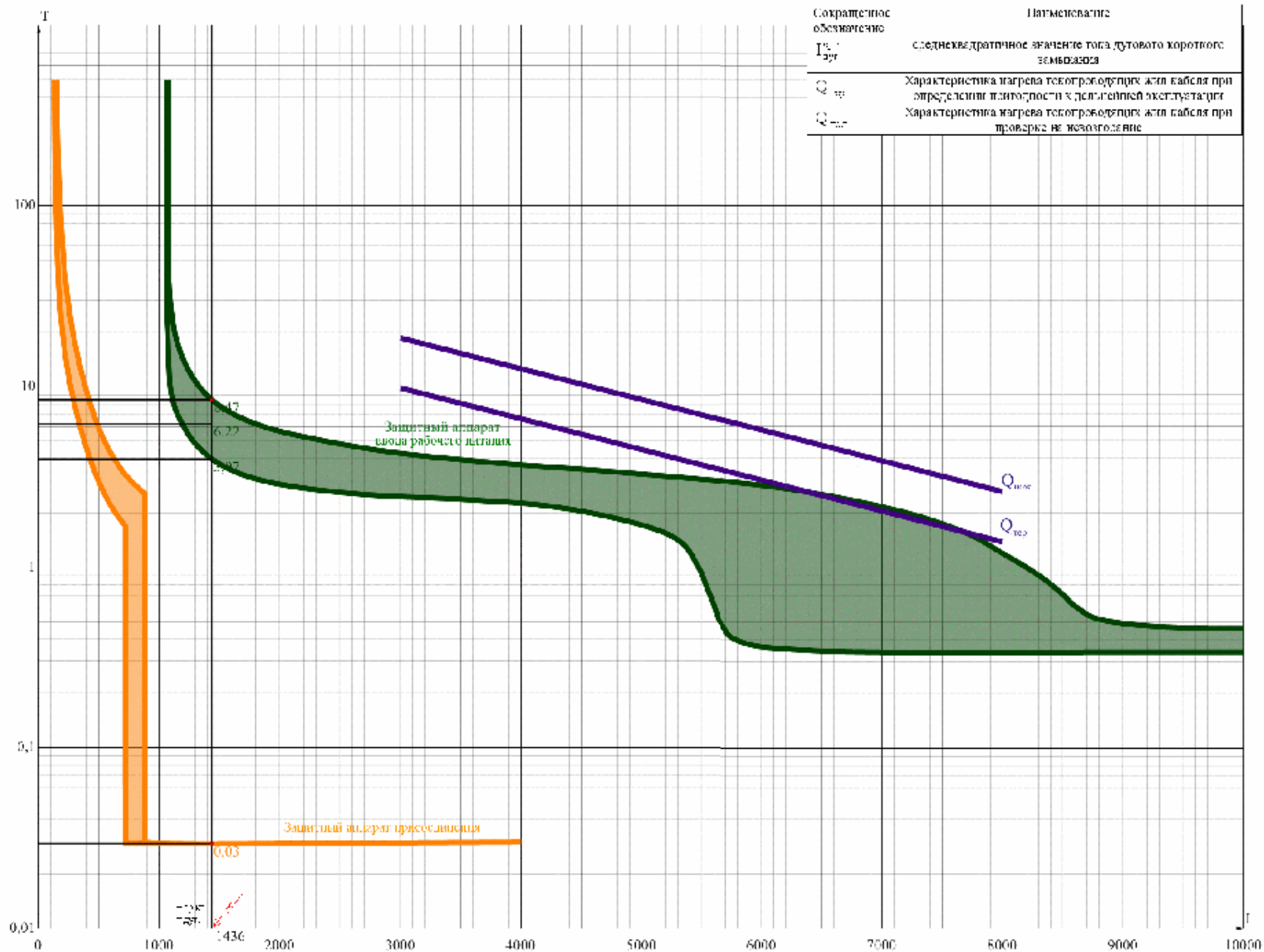
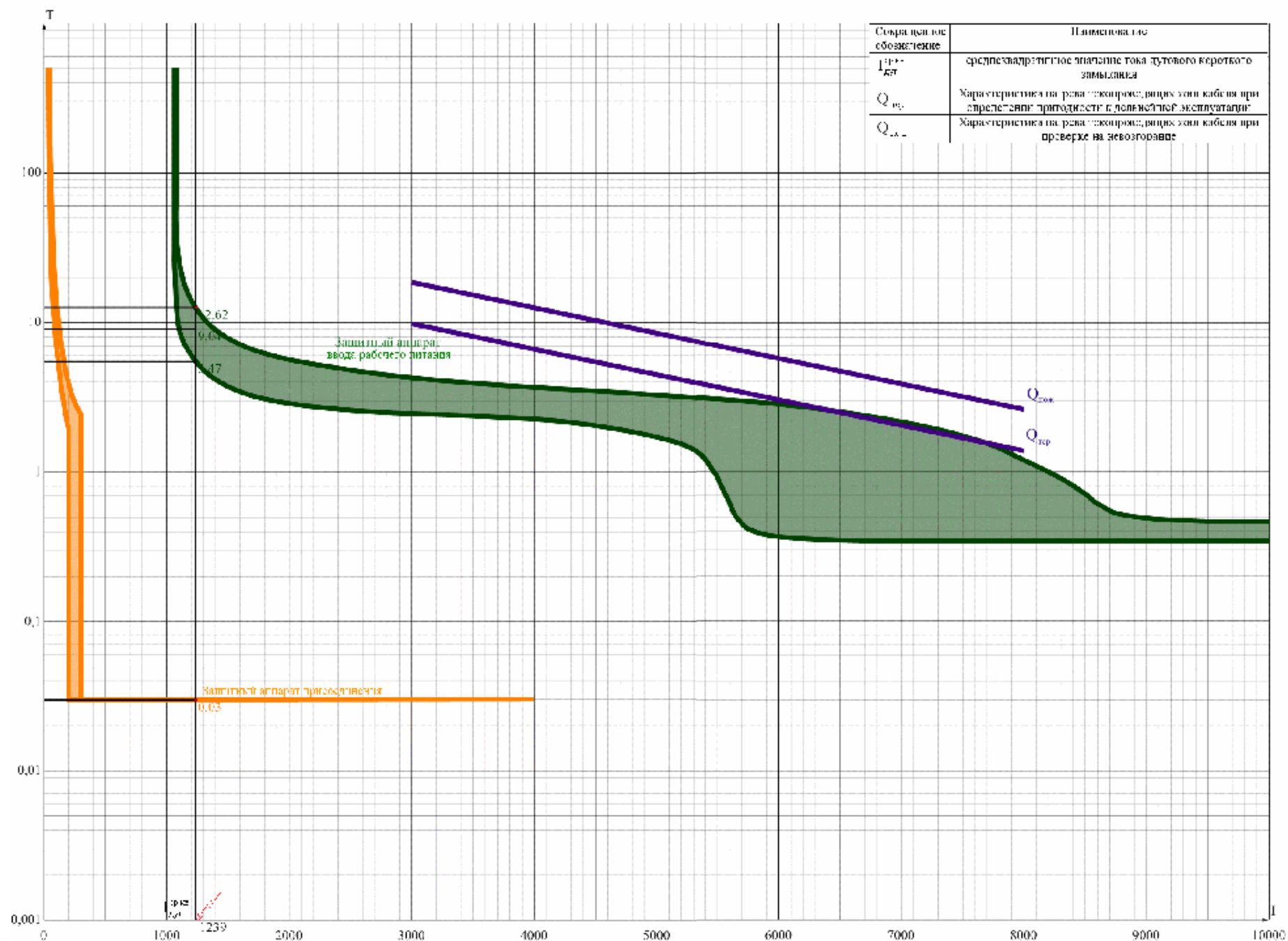


Рисунок 39. Карта селективности: Аварийное освещение на п.12.13





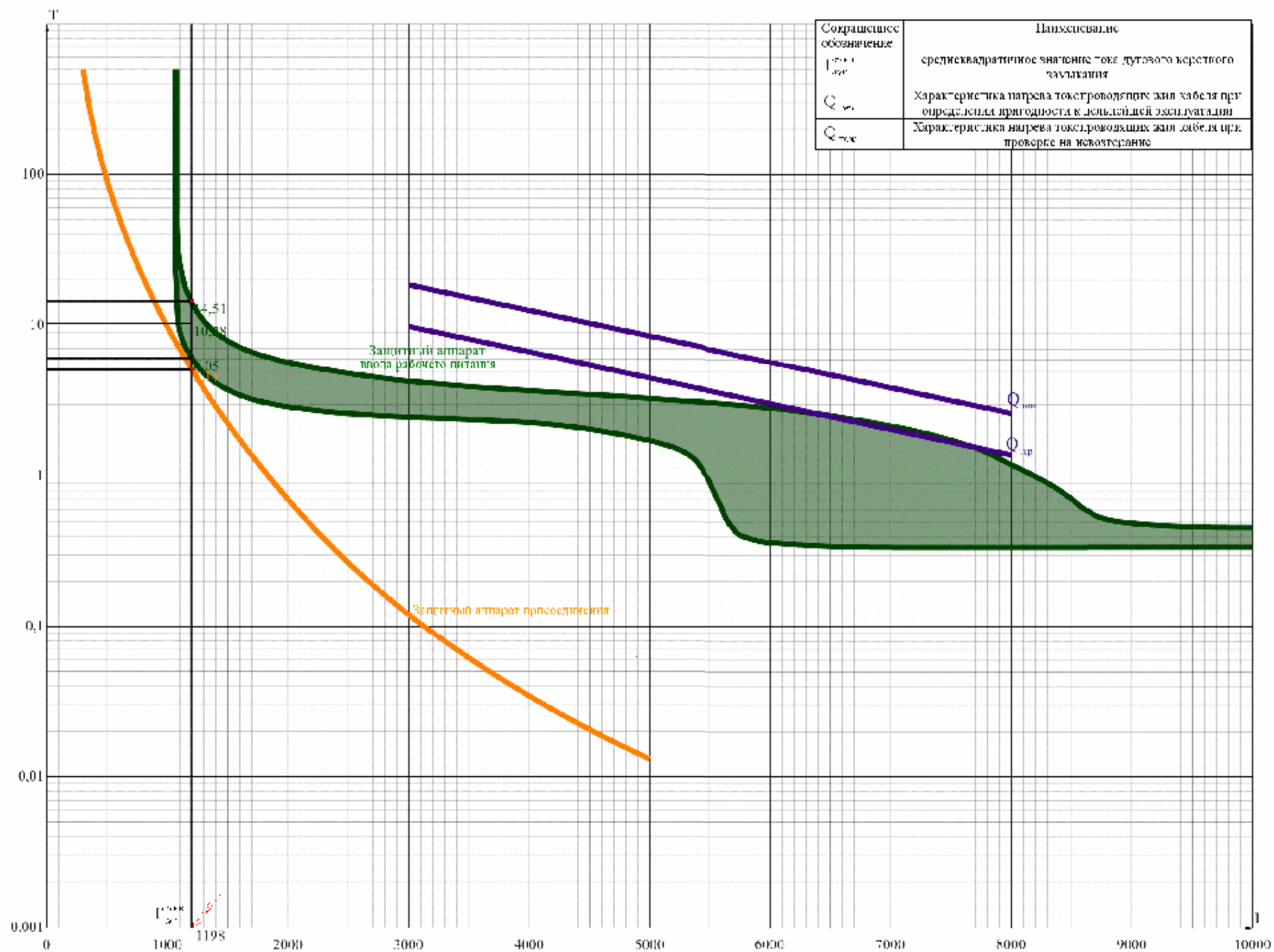
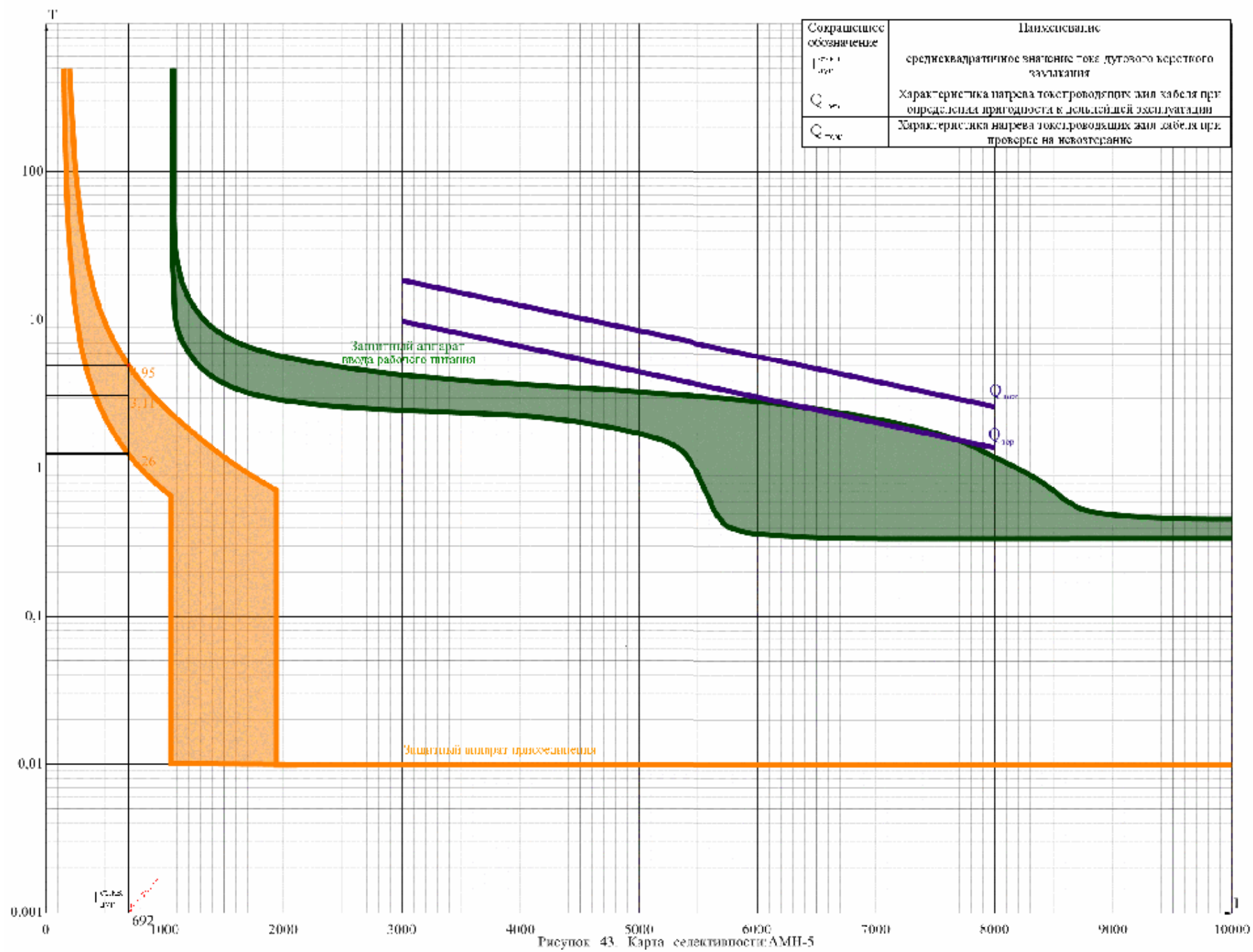


Рисунок 42. Карта селективности: Цепи СВ и АГП TT-6



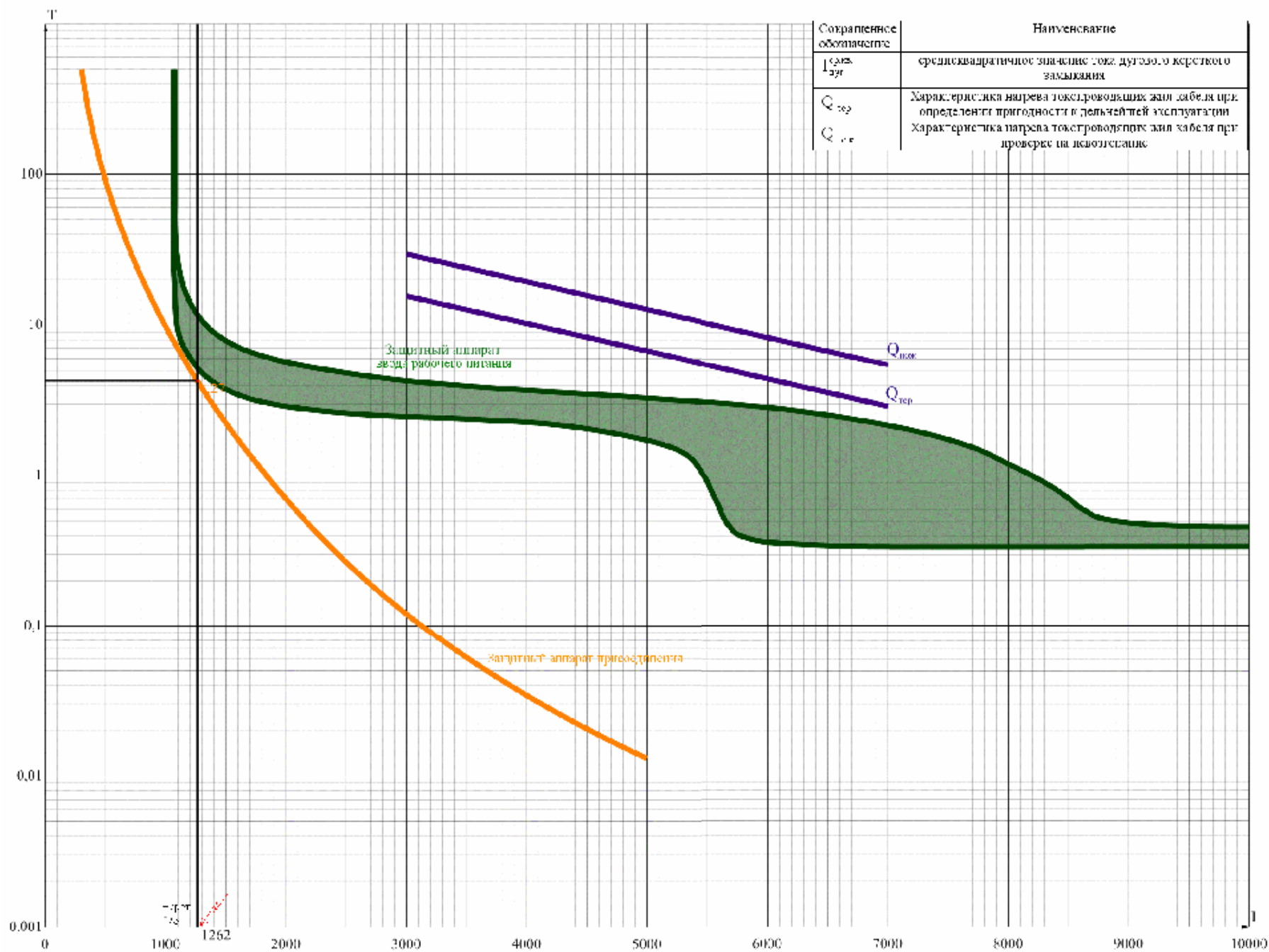


Рисунок 44. Карта селективности: Цепи СВ РУСН-6 кВ ят.136

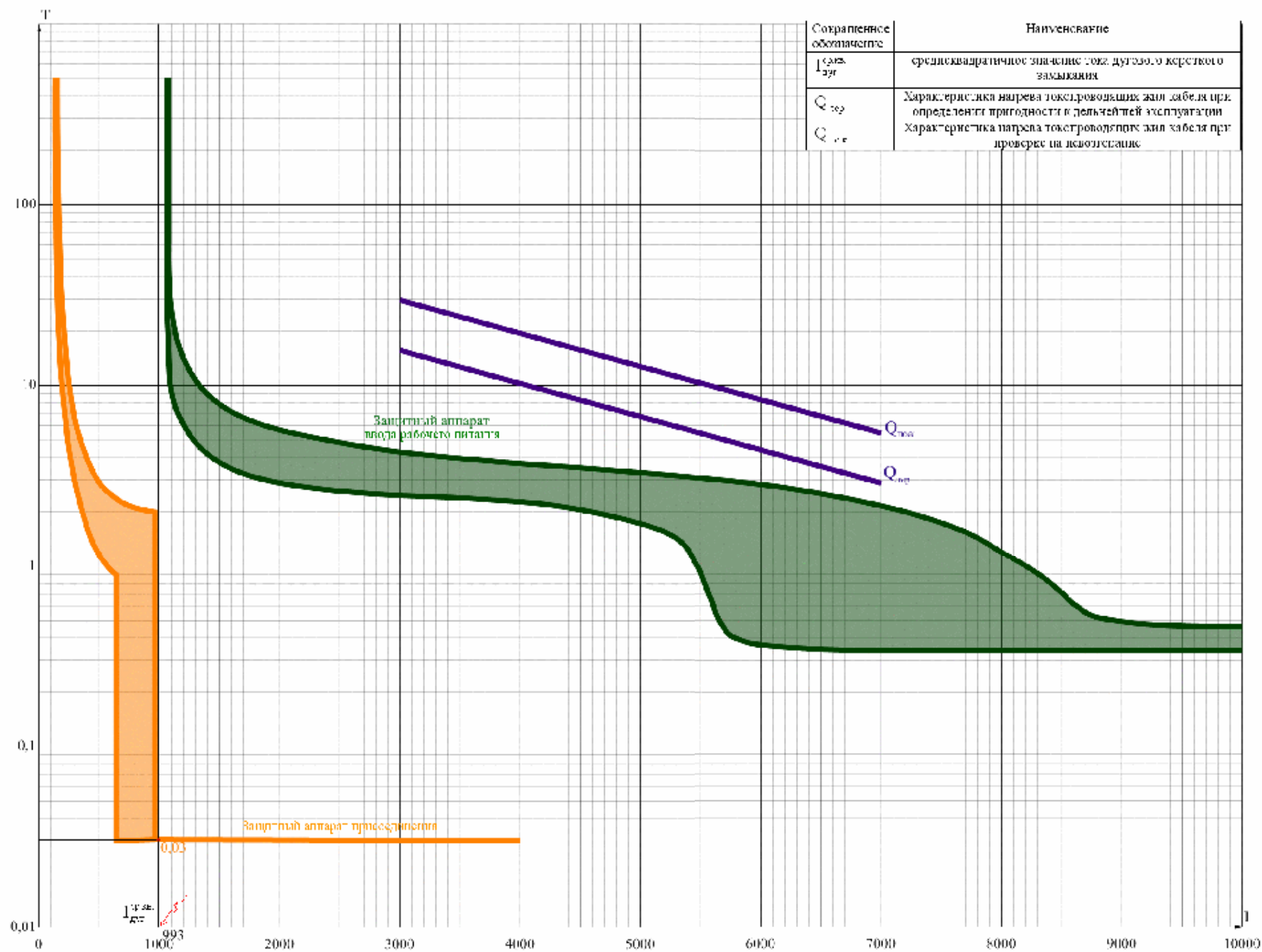


Рисунок 45. Карта селективности АМН-3





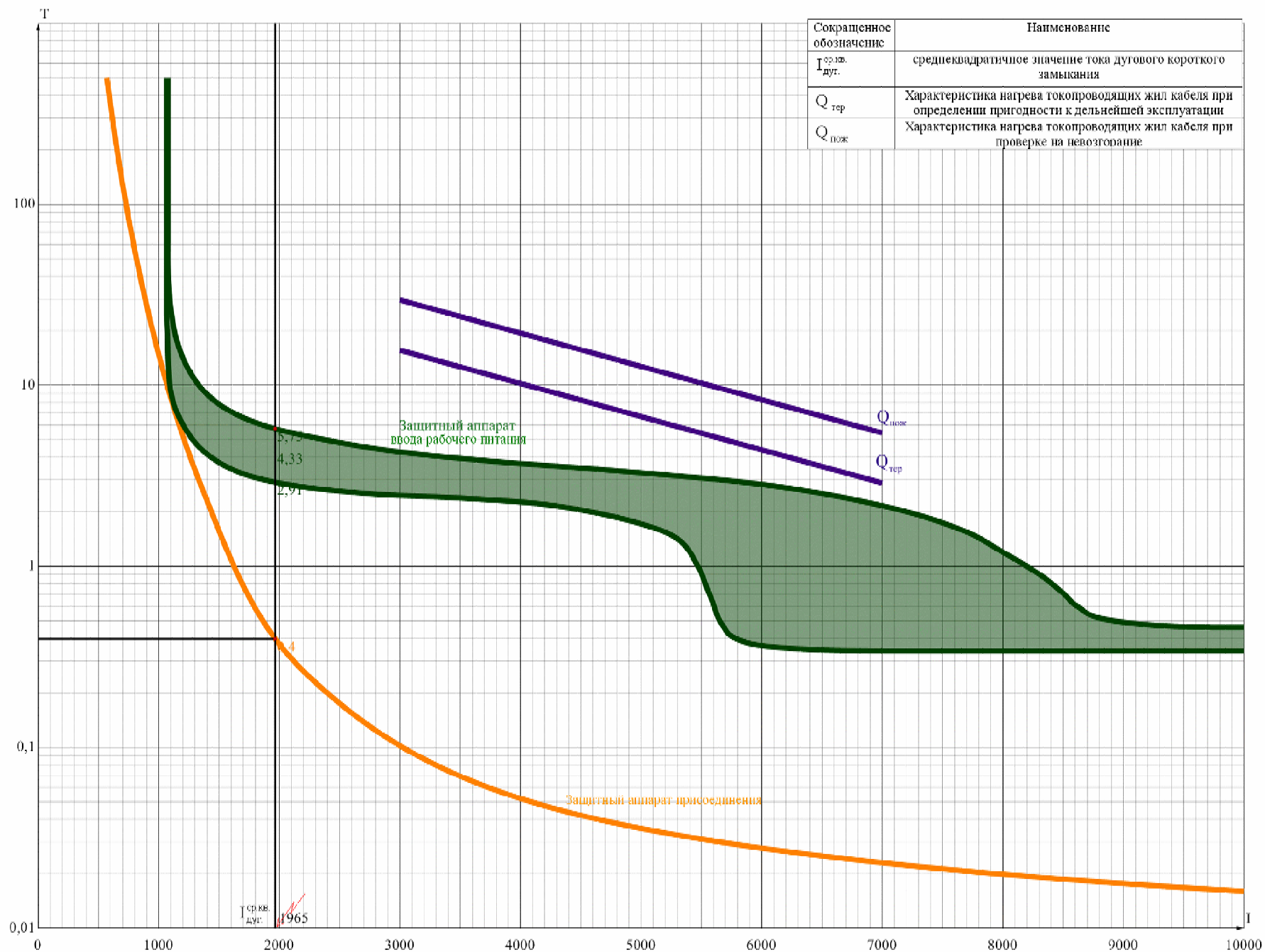
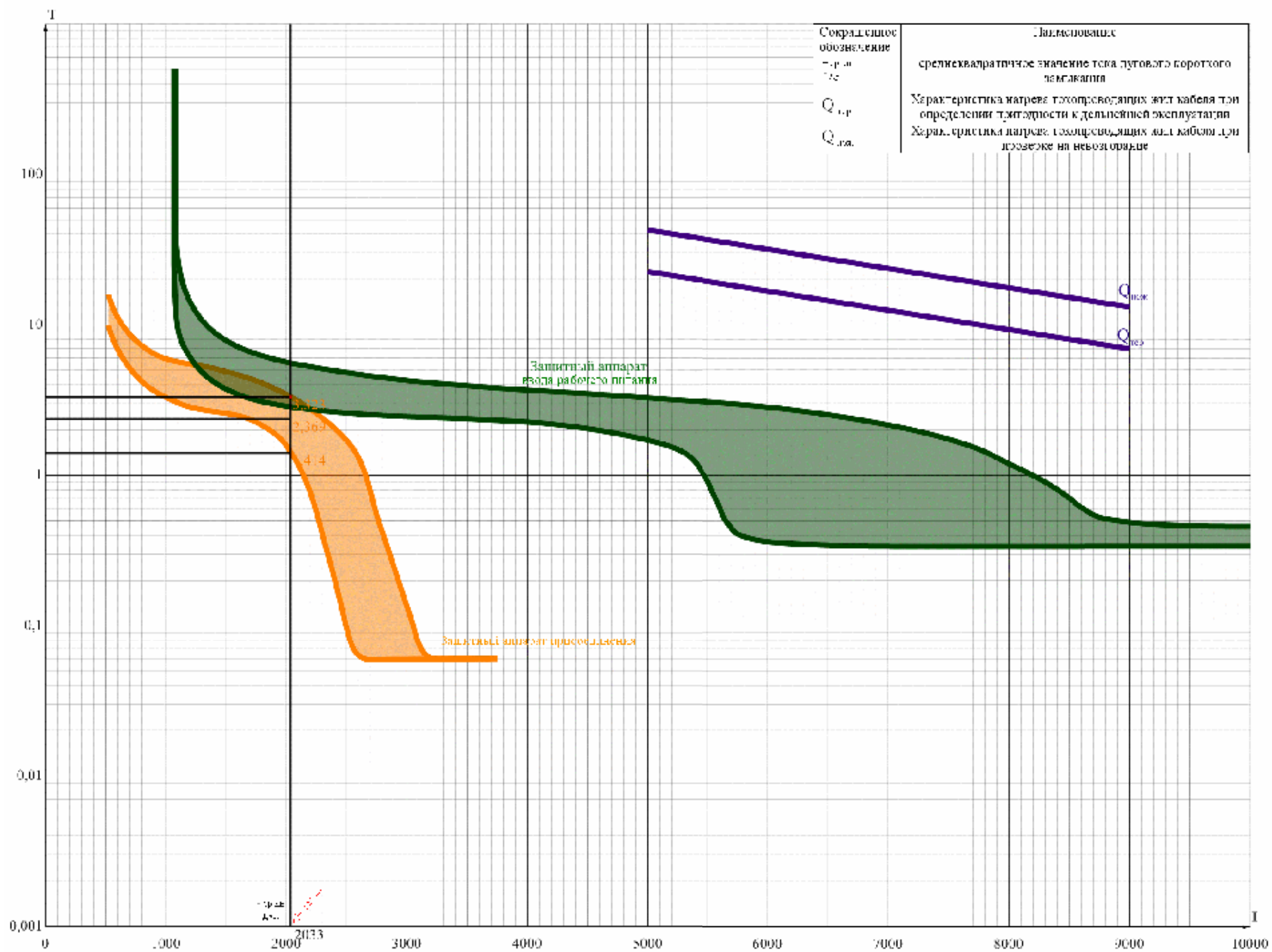


Рисунок 48. Карта селективности: ВА3П-1



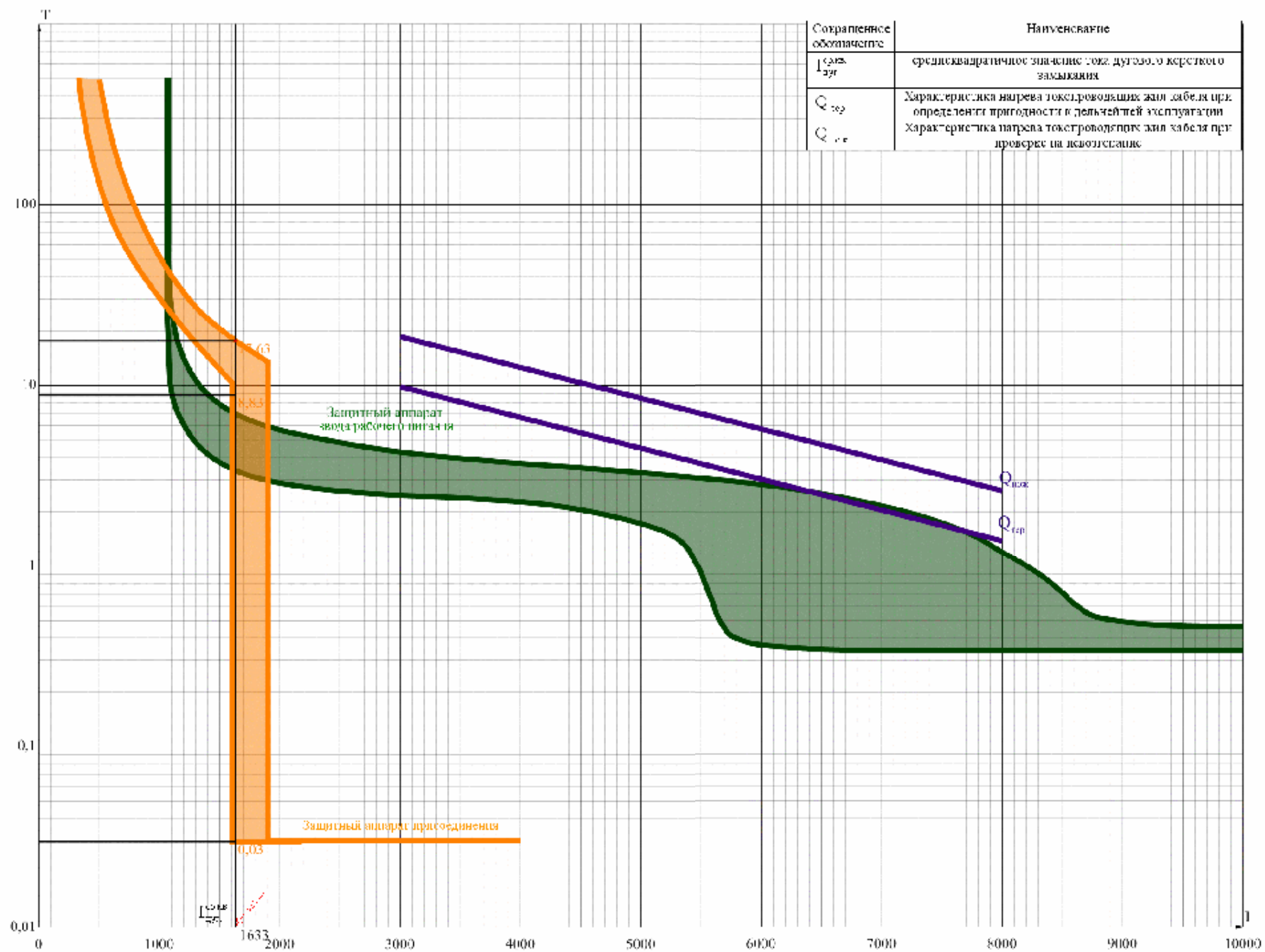


Рисунок 50. Карта селективности ВА3II-2

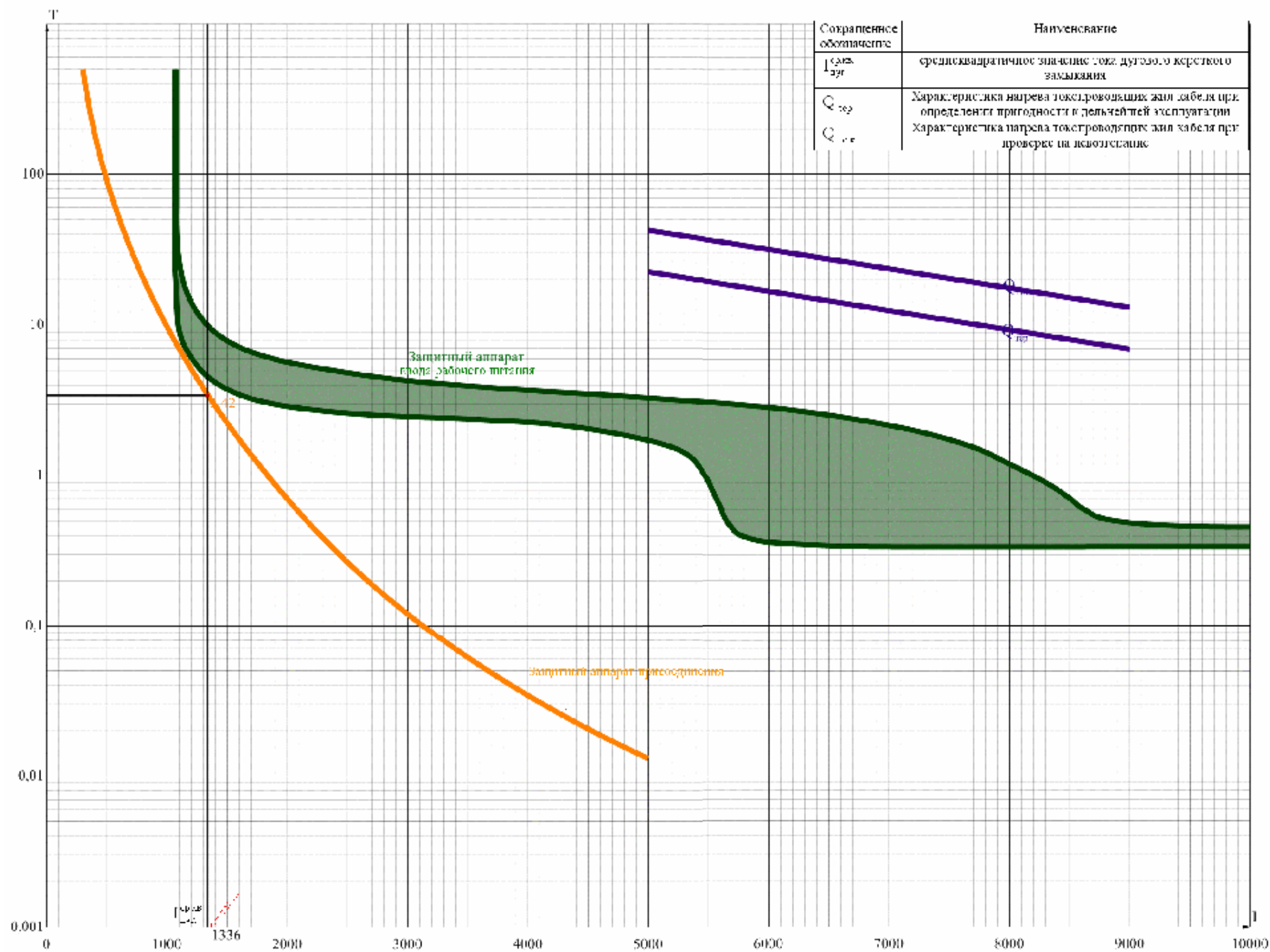


Рисунок 51. Карта селективности: Цели СВ ОРУ-110,35кВ

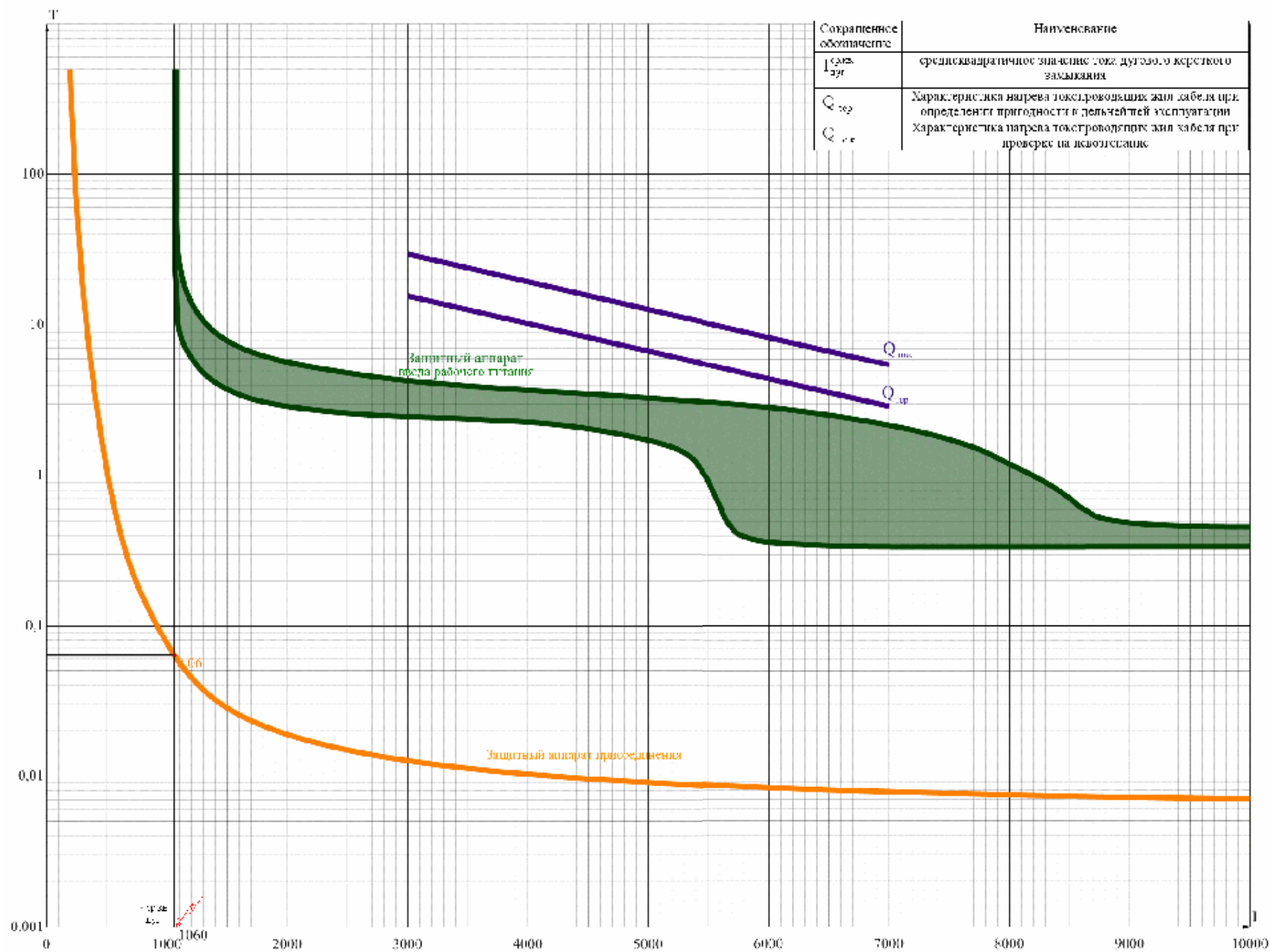


Рисунок 55. Карта селективности: Цели СВ RUCN-0,4кВ

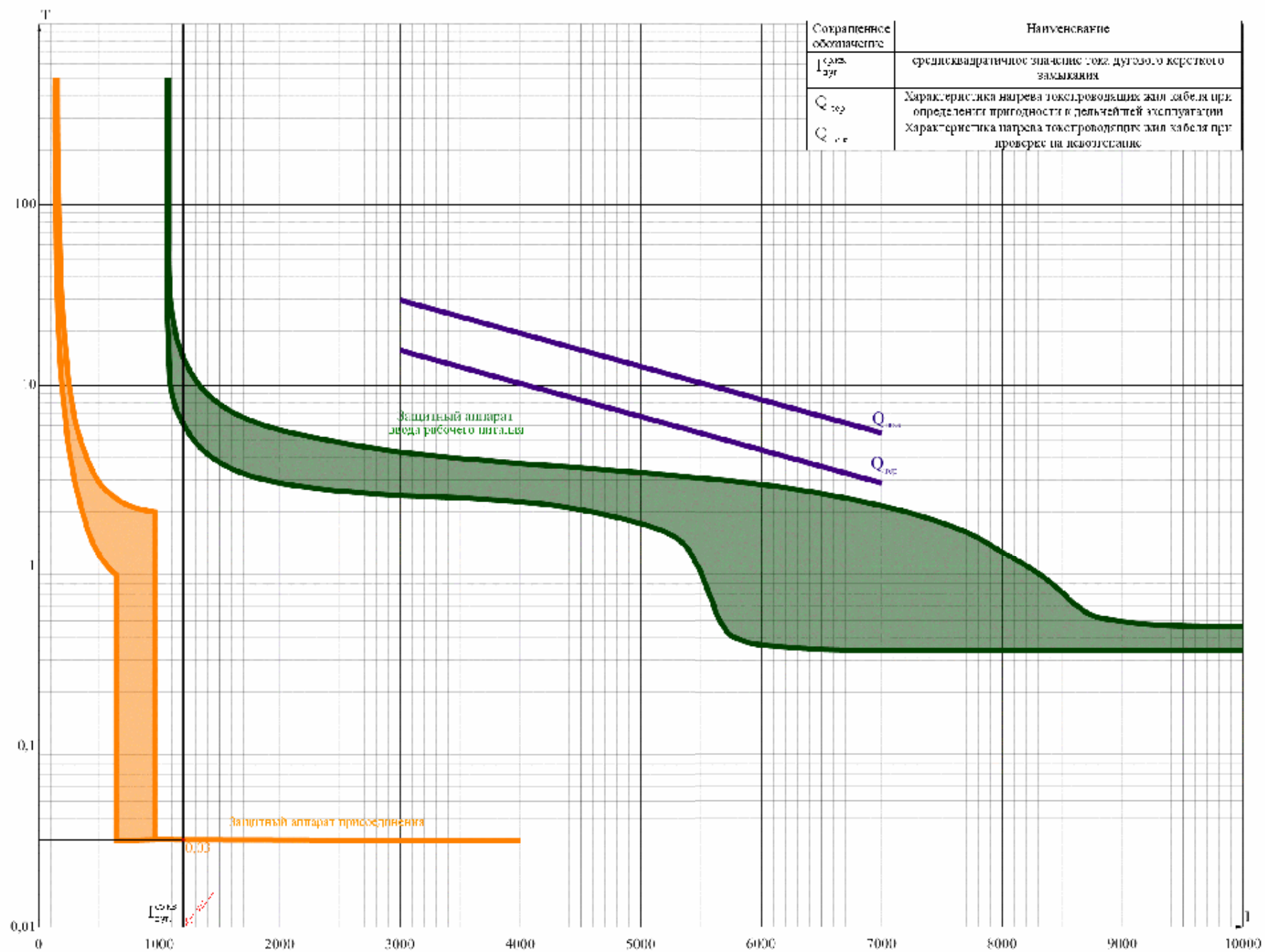


Рисунок 52. Карта селективности АМН-2

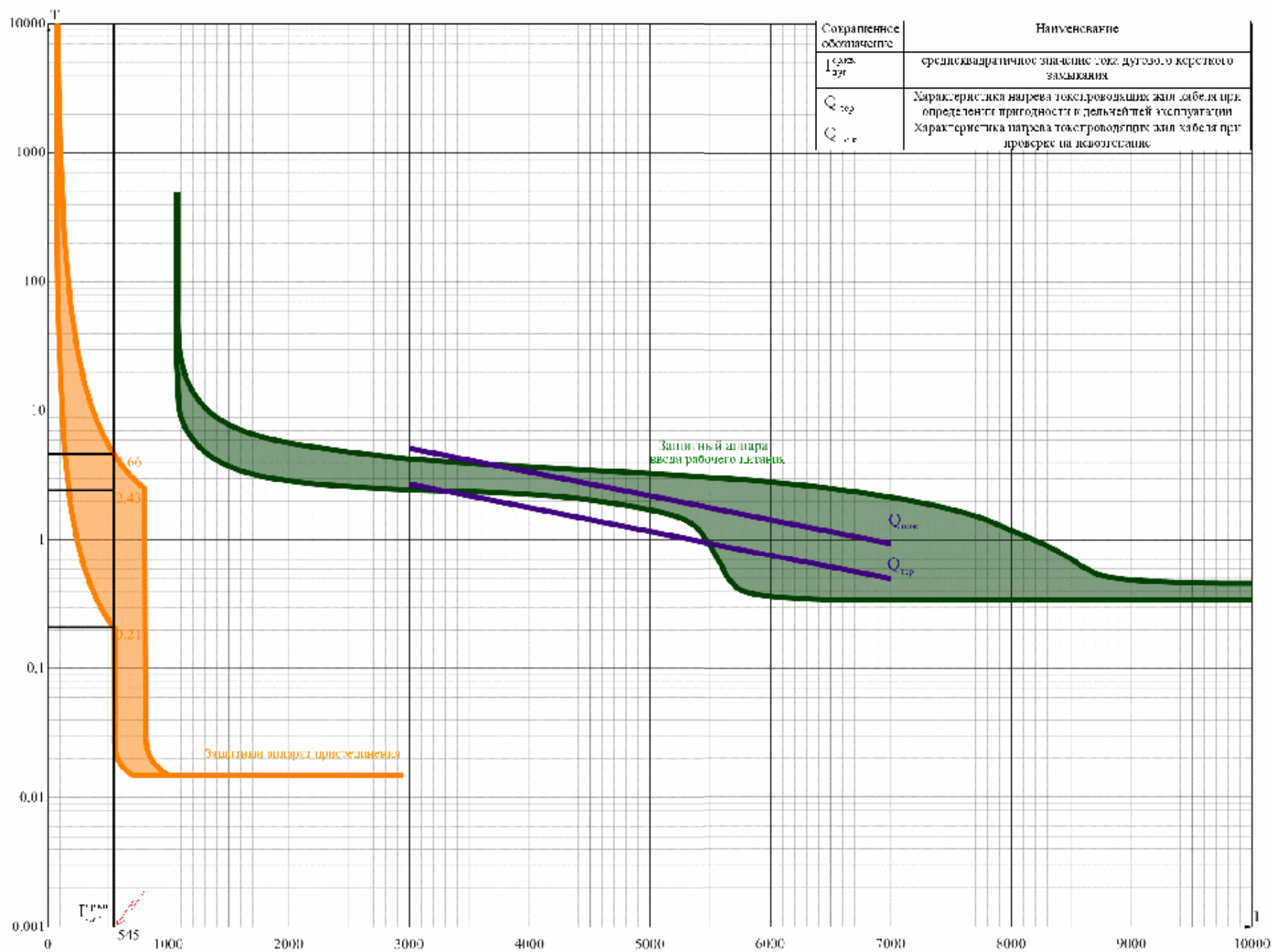


Рисунок 53. Карта селективности:Погония сборки ЭТД

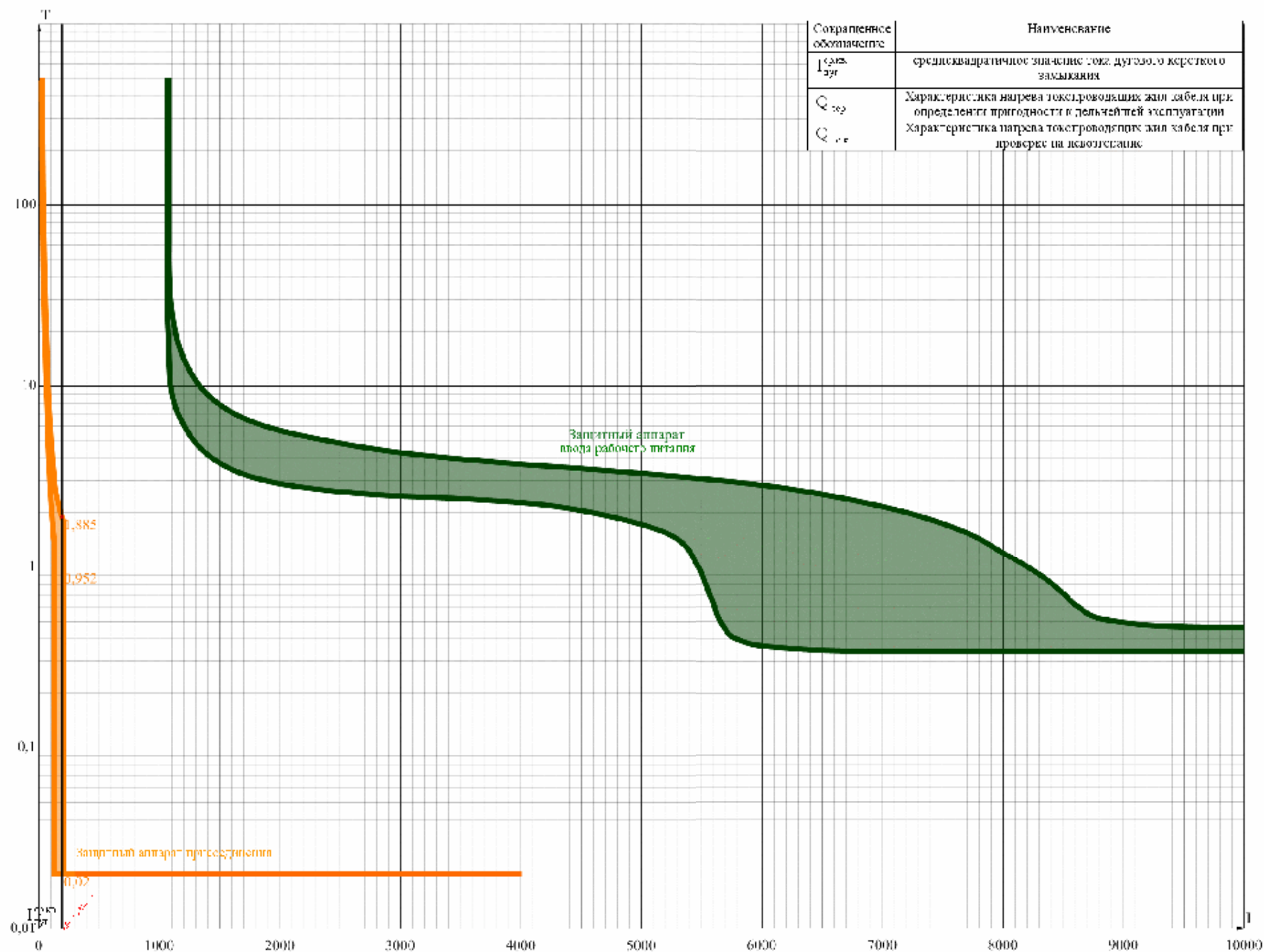


Рисунок 54. Карта селективности питания розеток ПИУ-220В

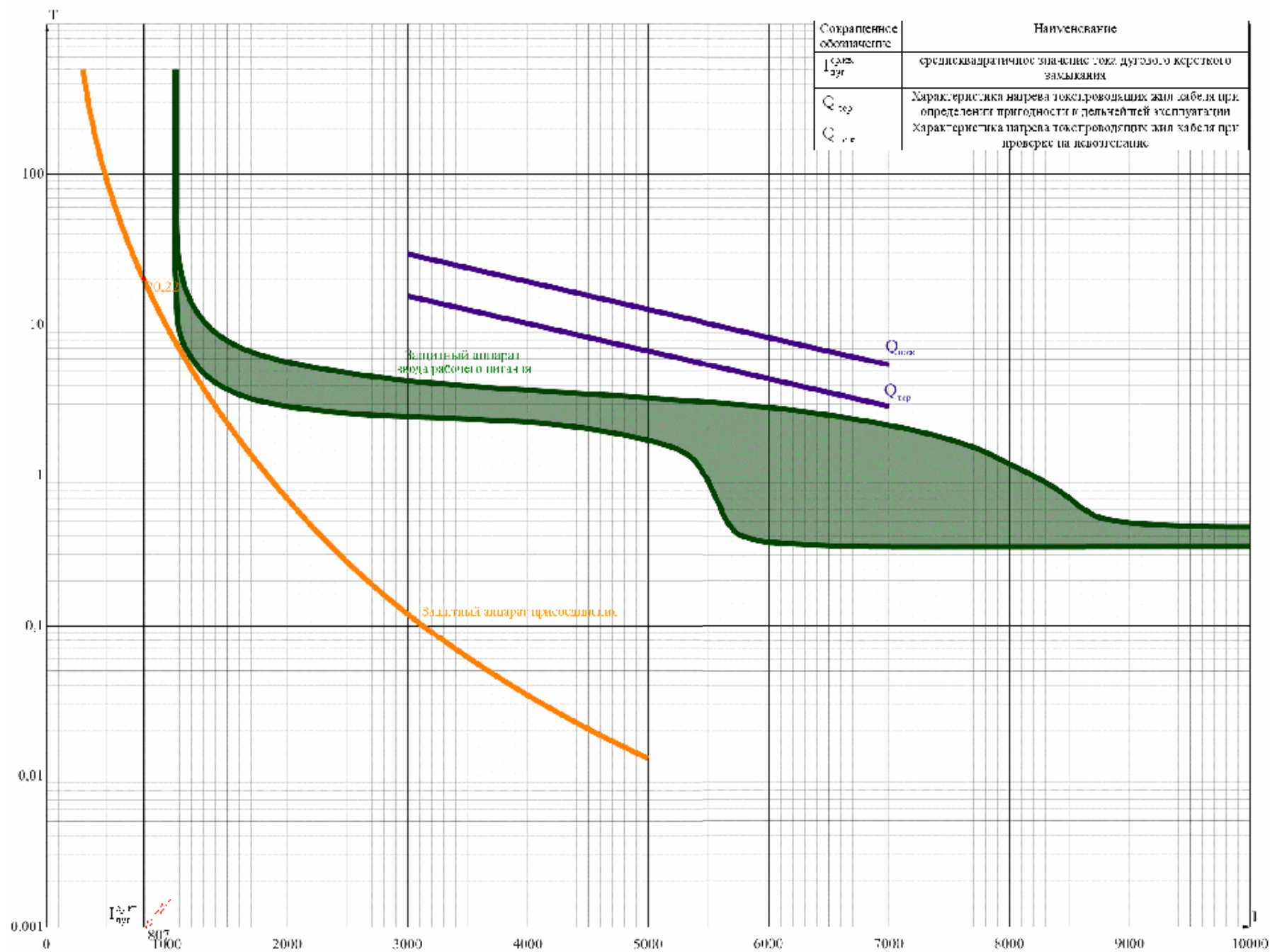


Рисунок 56. Карта селективности: Цели СВ АГП ТГ 1-6 и АМНУ

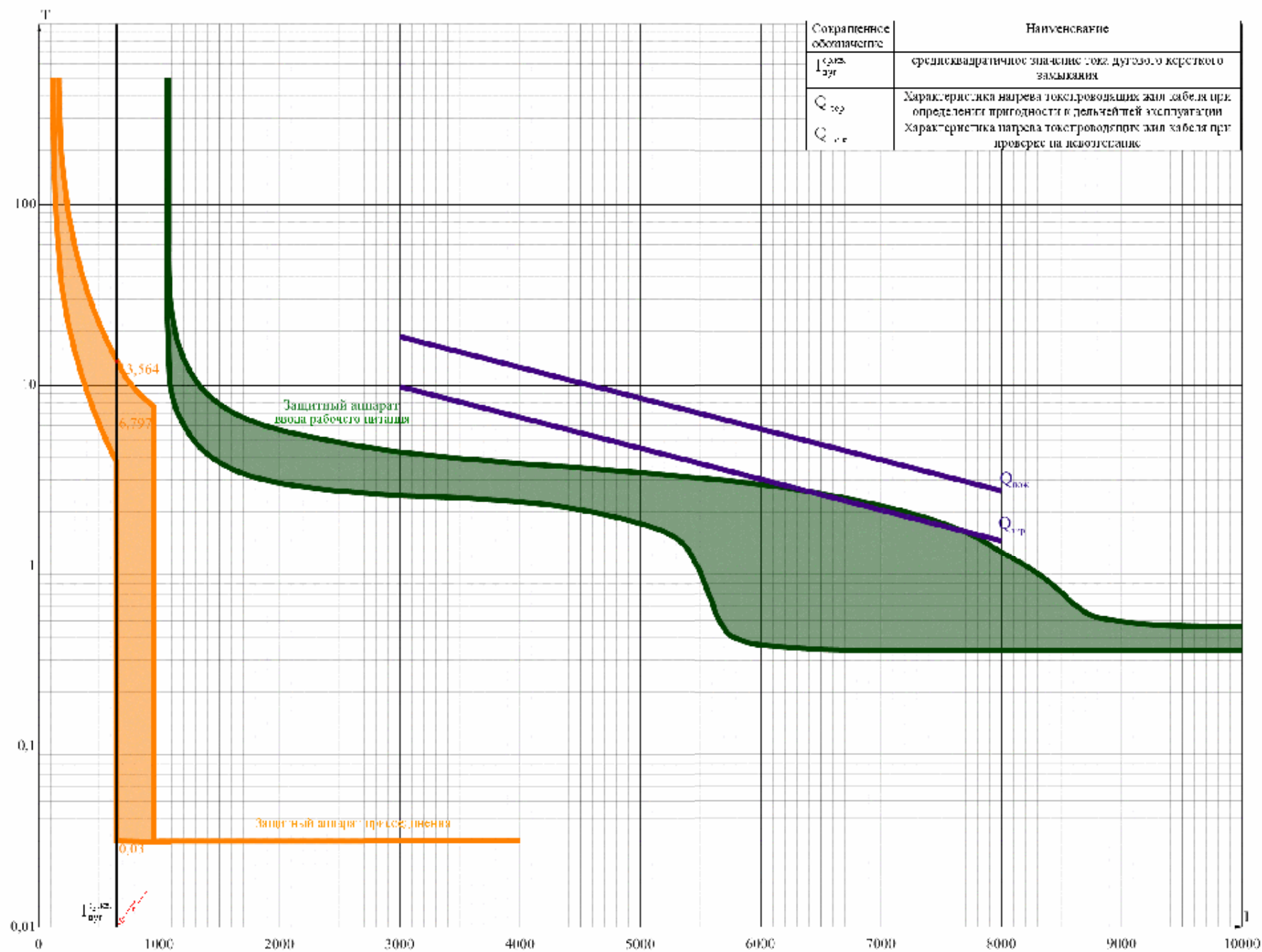


Рисунок 57. AMH-6

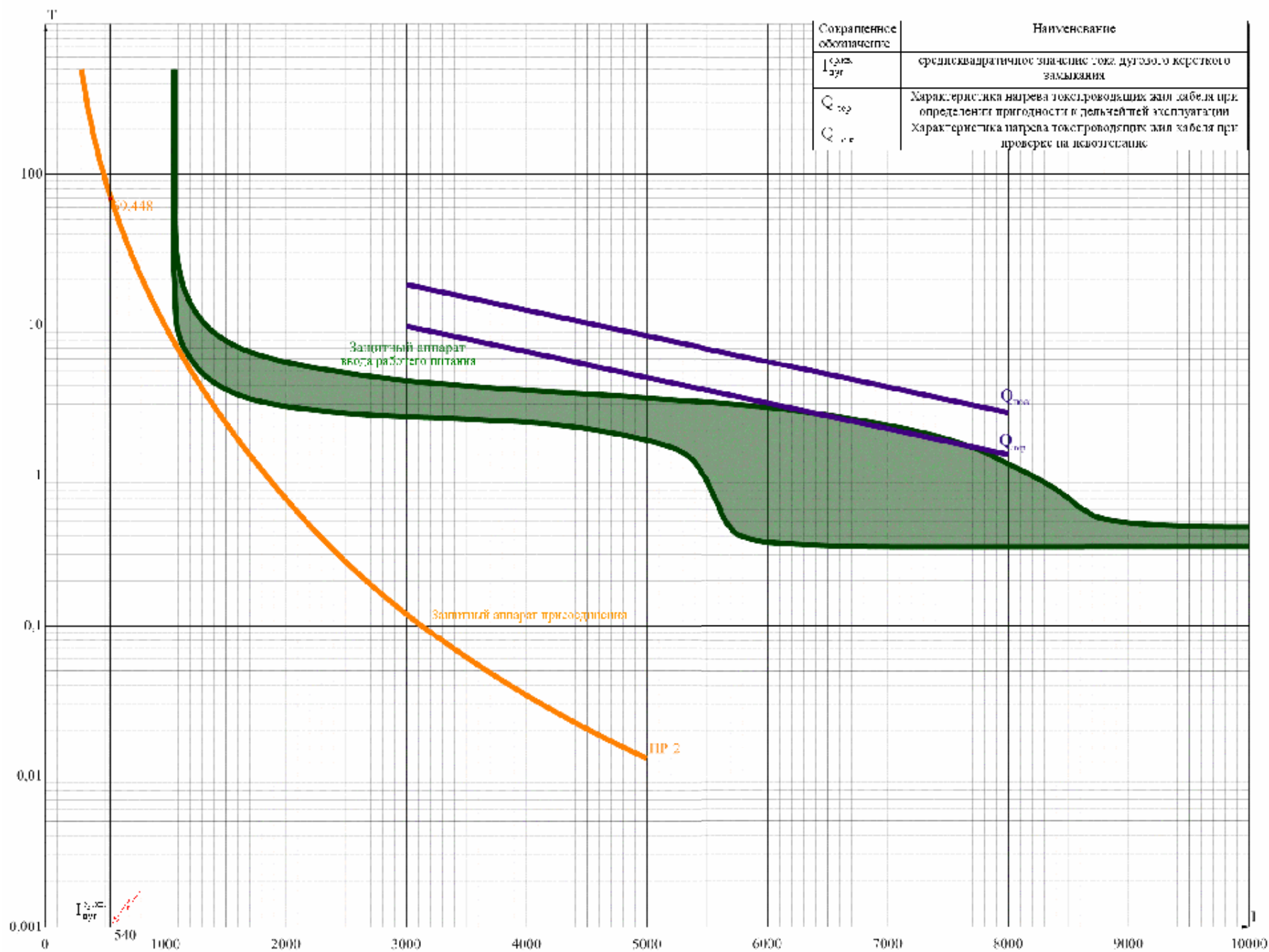


Рисунок 59. Цепи СВ РУСН-6кВ яч.701

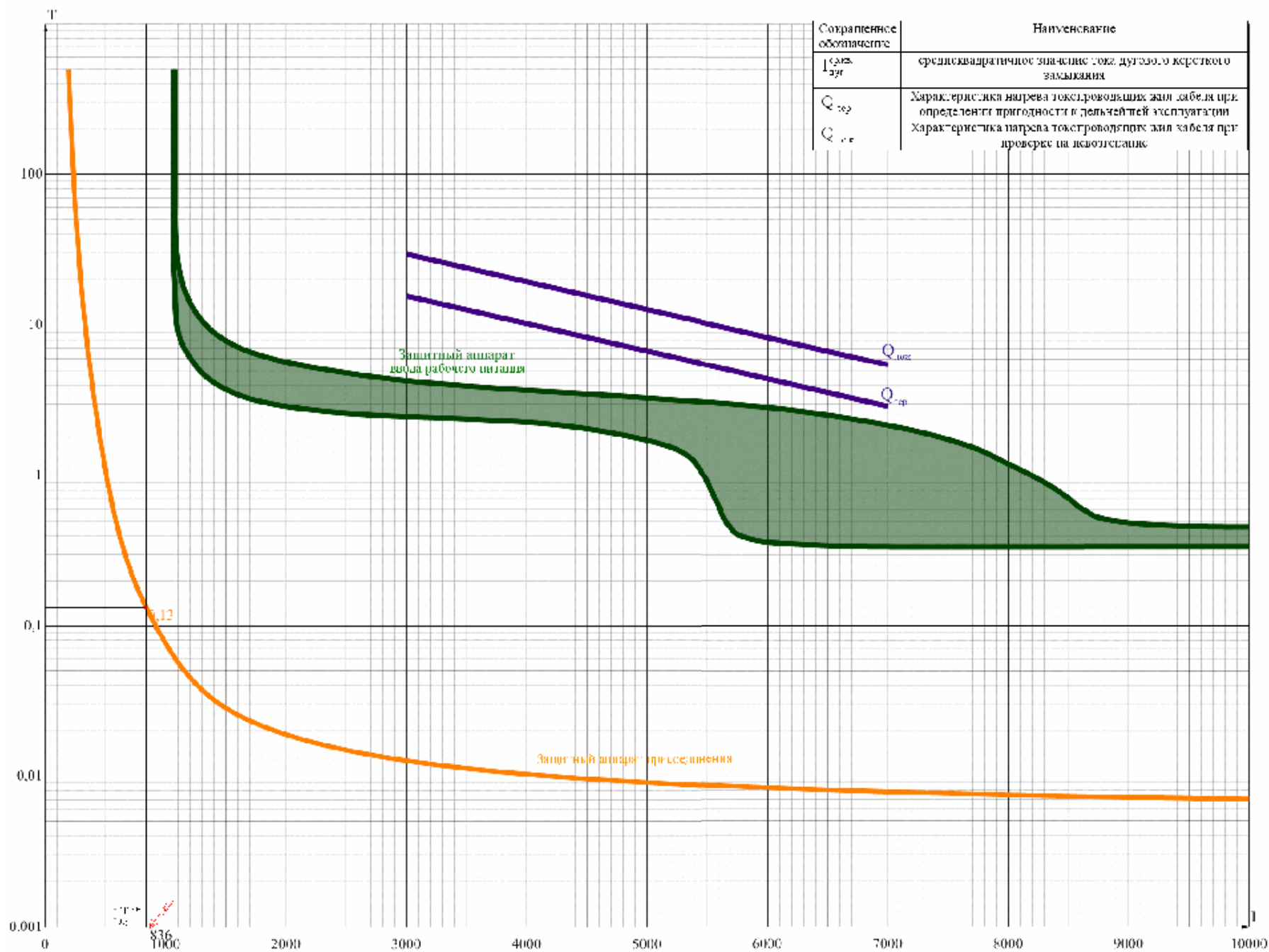


Рисунок 60. Цели СВ ХВО



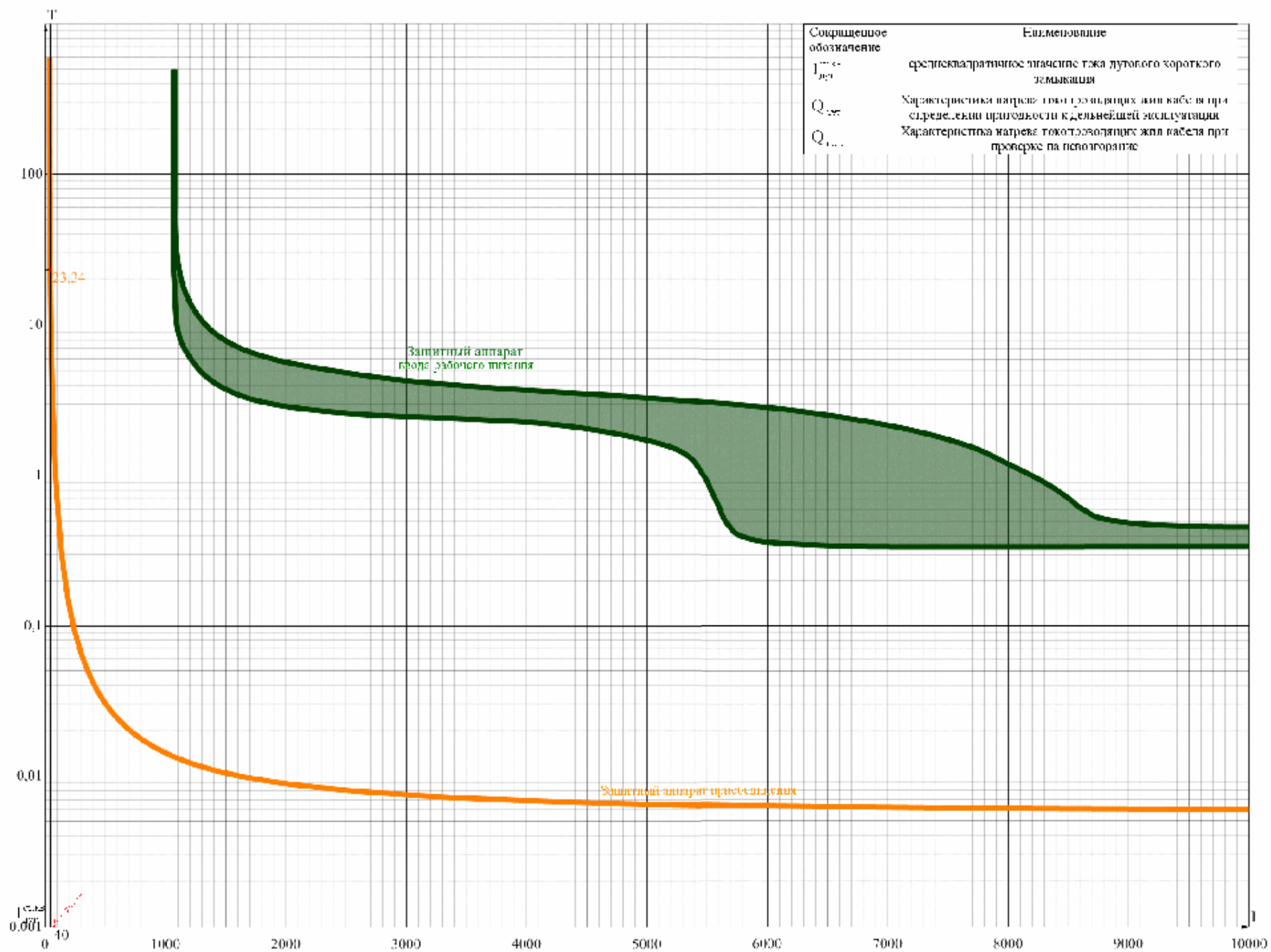


Рисунок 61. Цели управления TRU-1

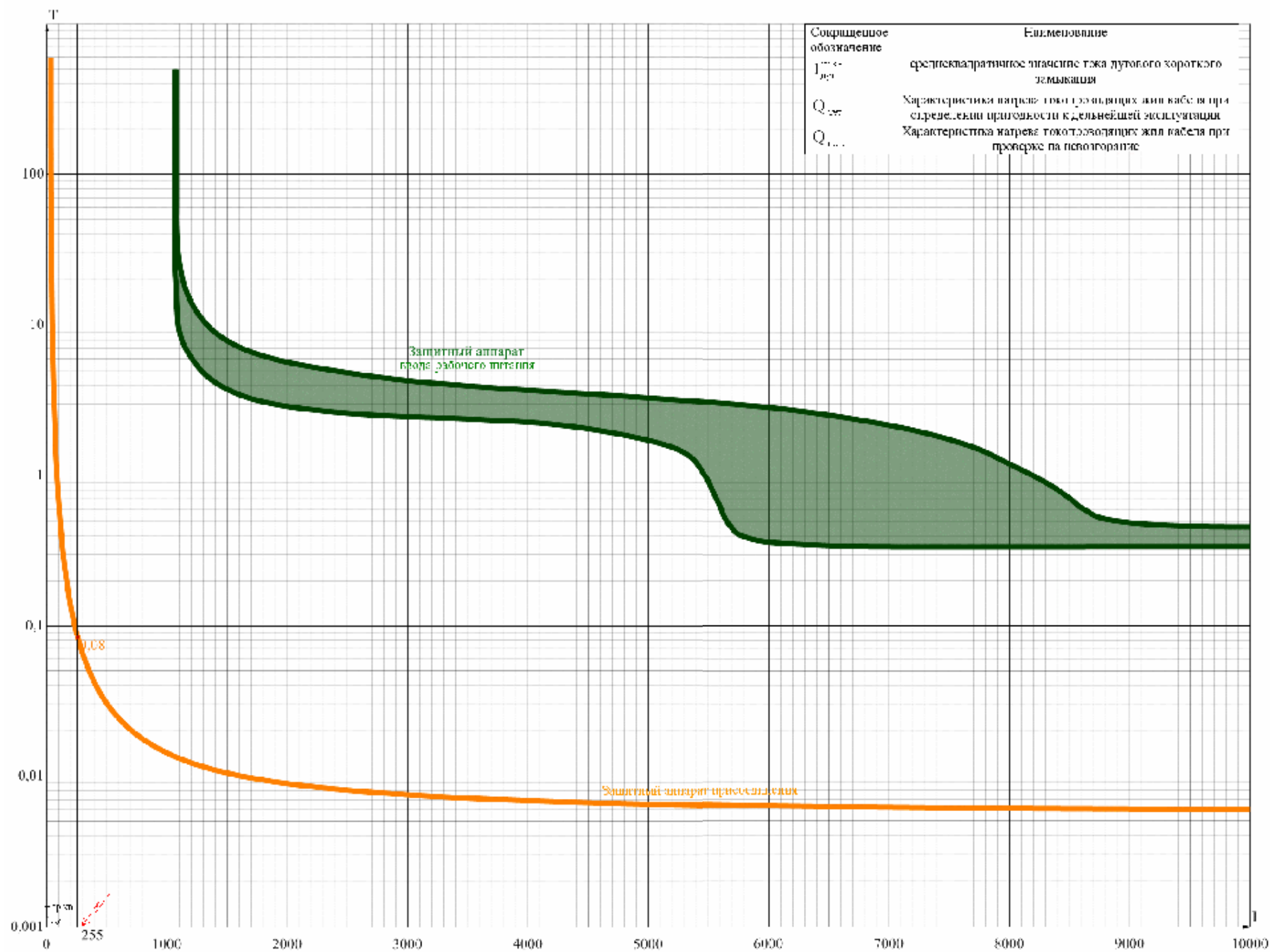


Рисунок 65. Цели управления XBO-1,2



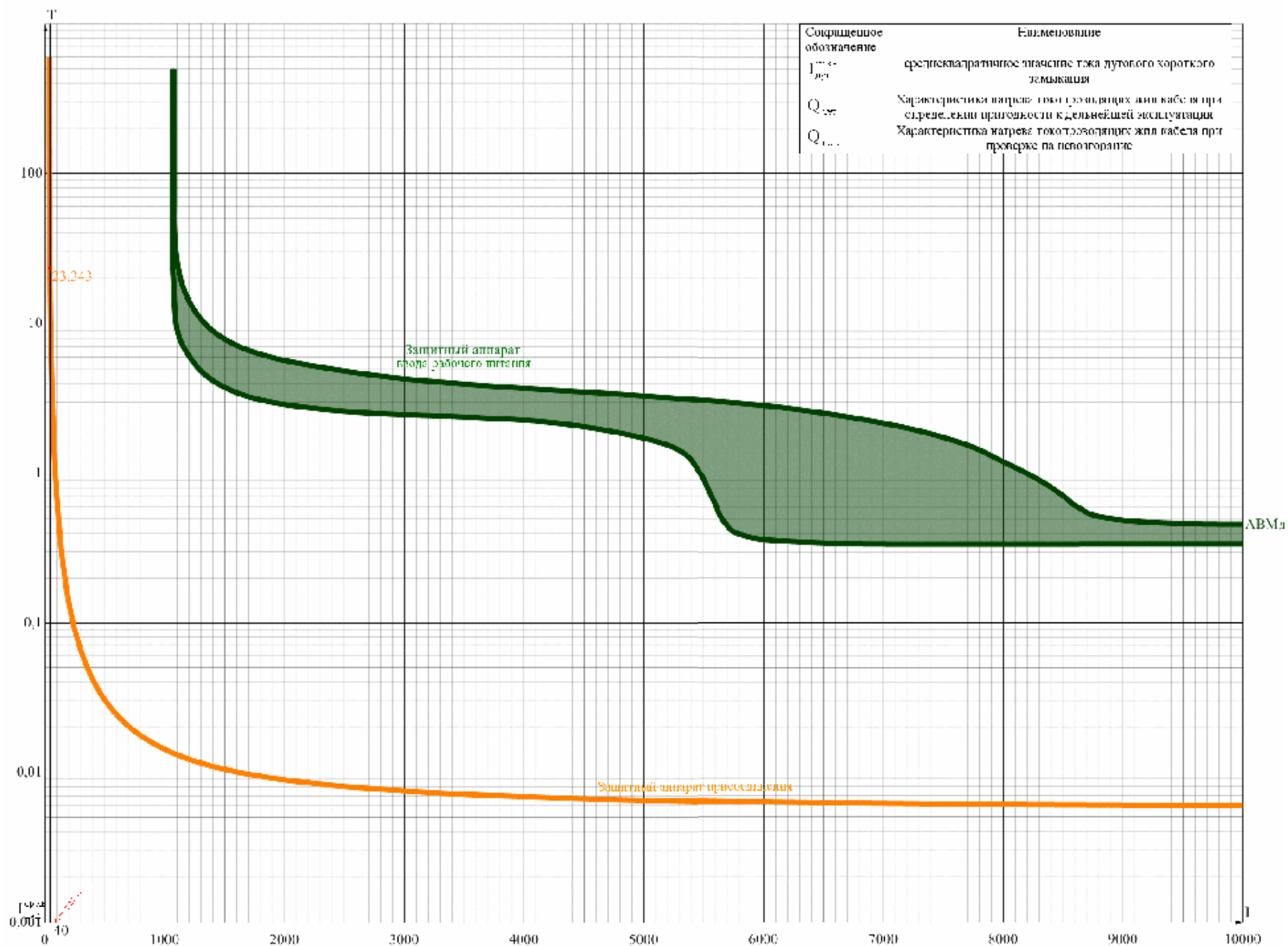


Рисунок 67. ЭМБ ОРУ яч.21

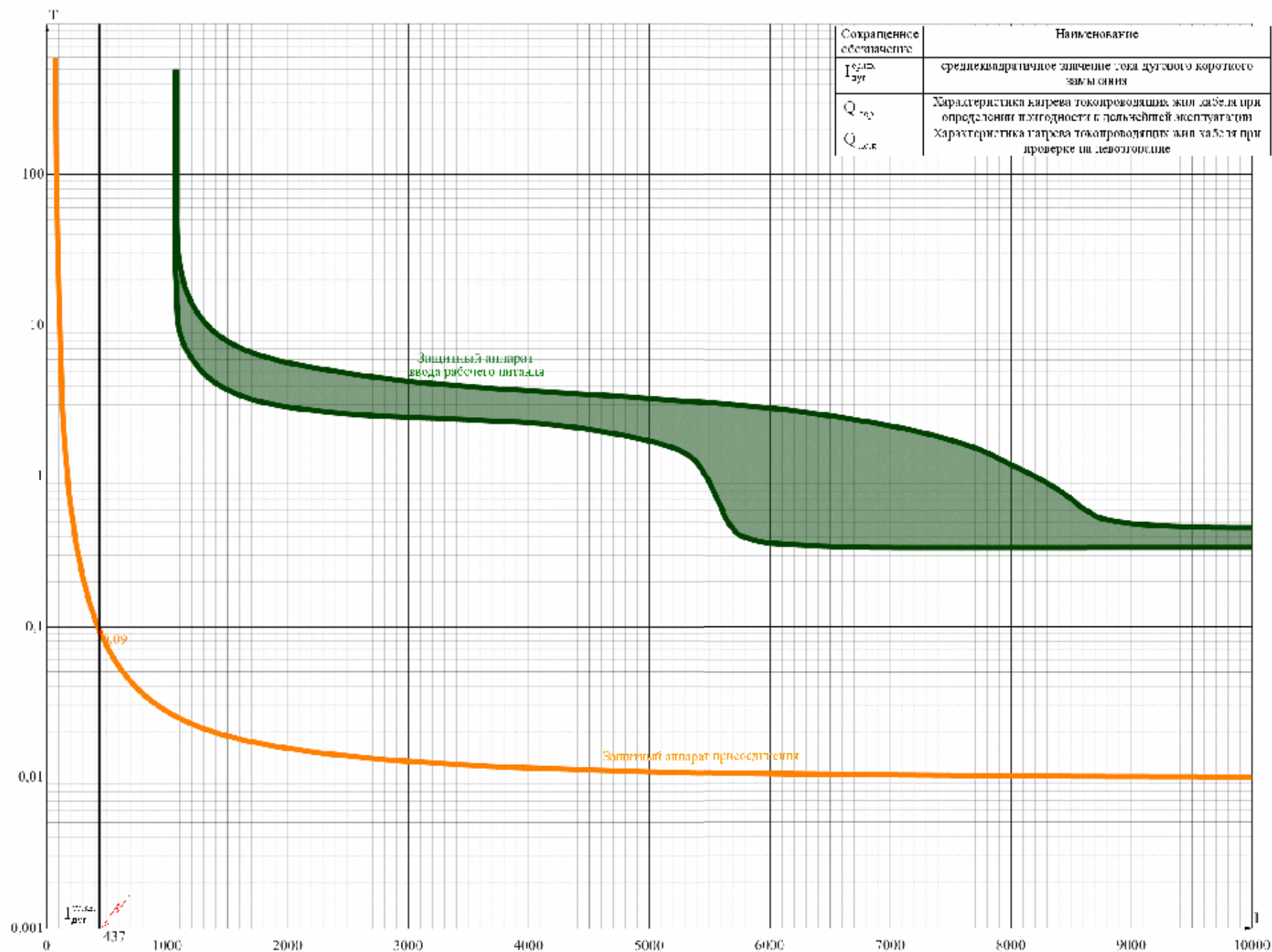


Рисунок 71. Сигнализация ГРЦУ-1

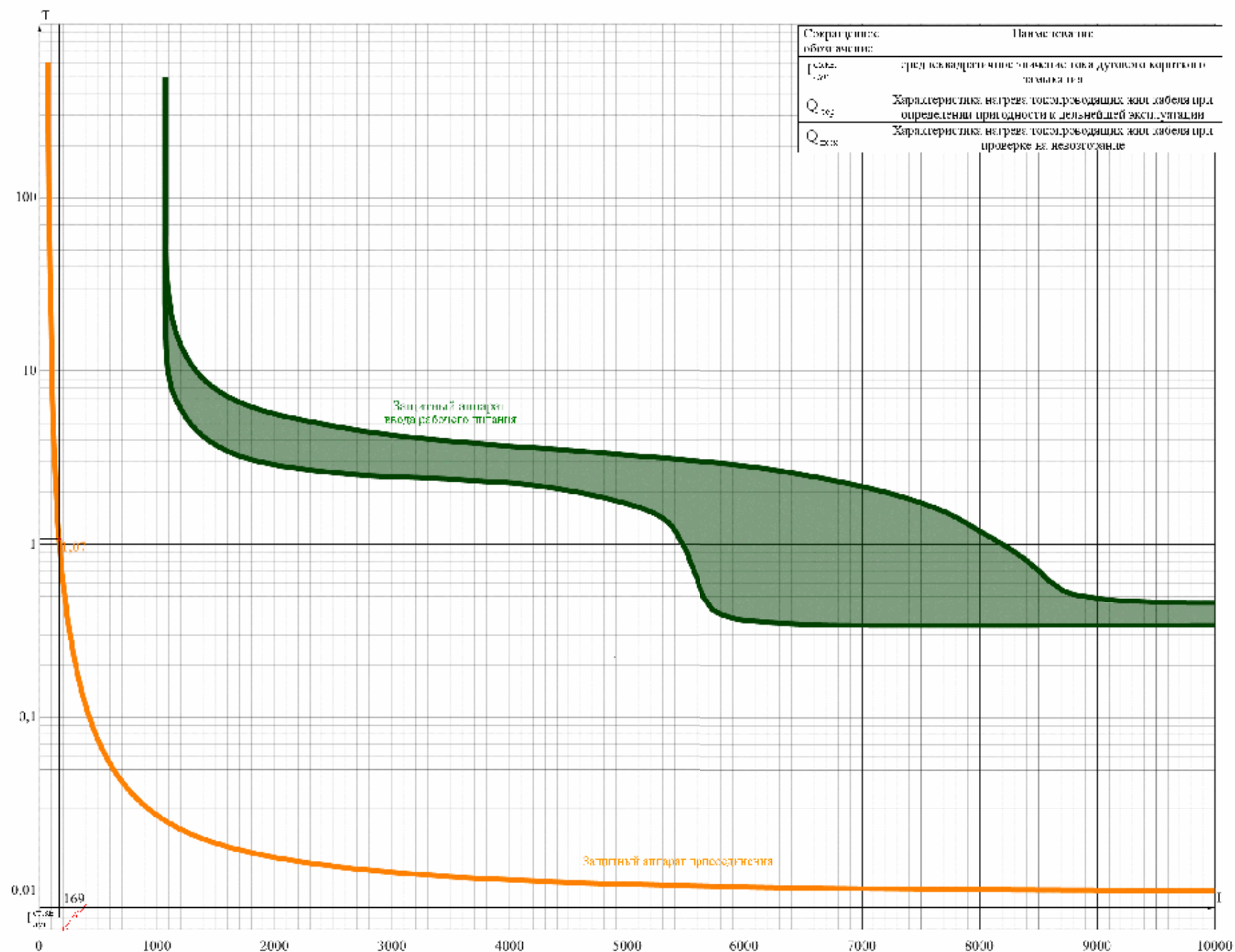


Рисунок 64. Сигнализация ГРЩУ 3

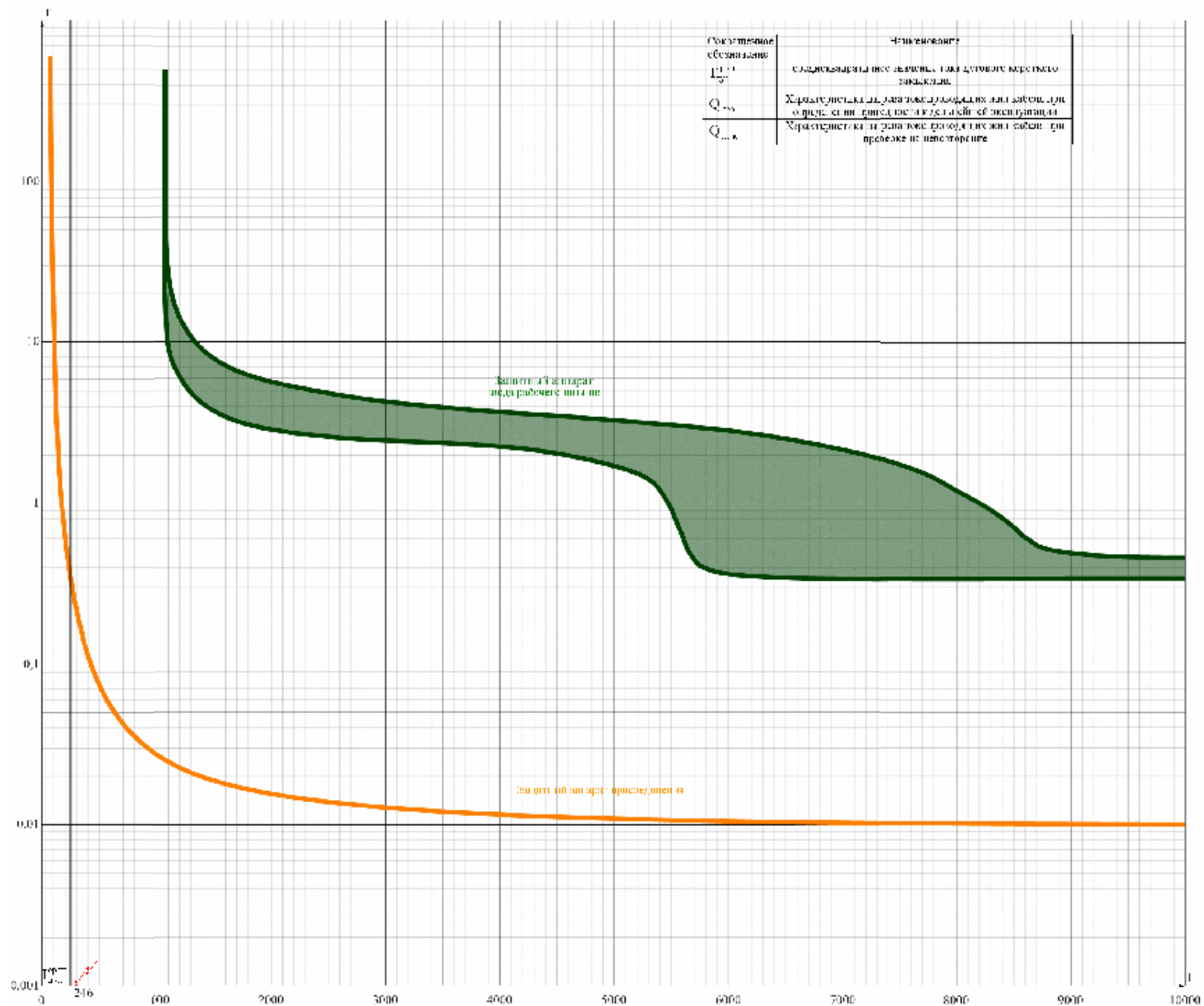


Рисунок 52. Сигнализация ГШУ

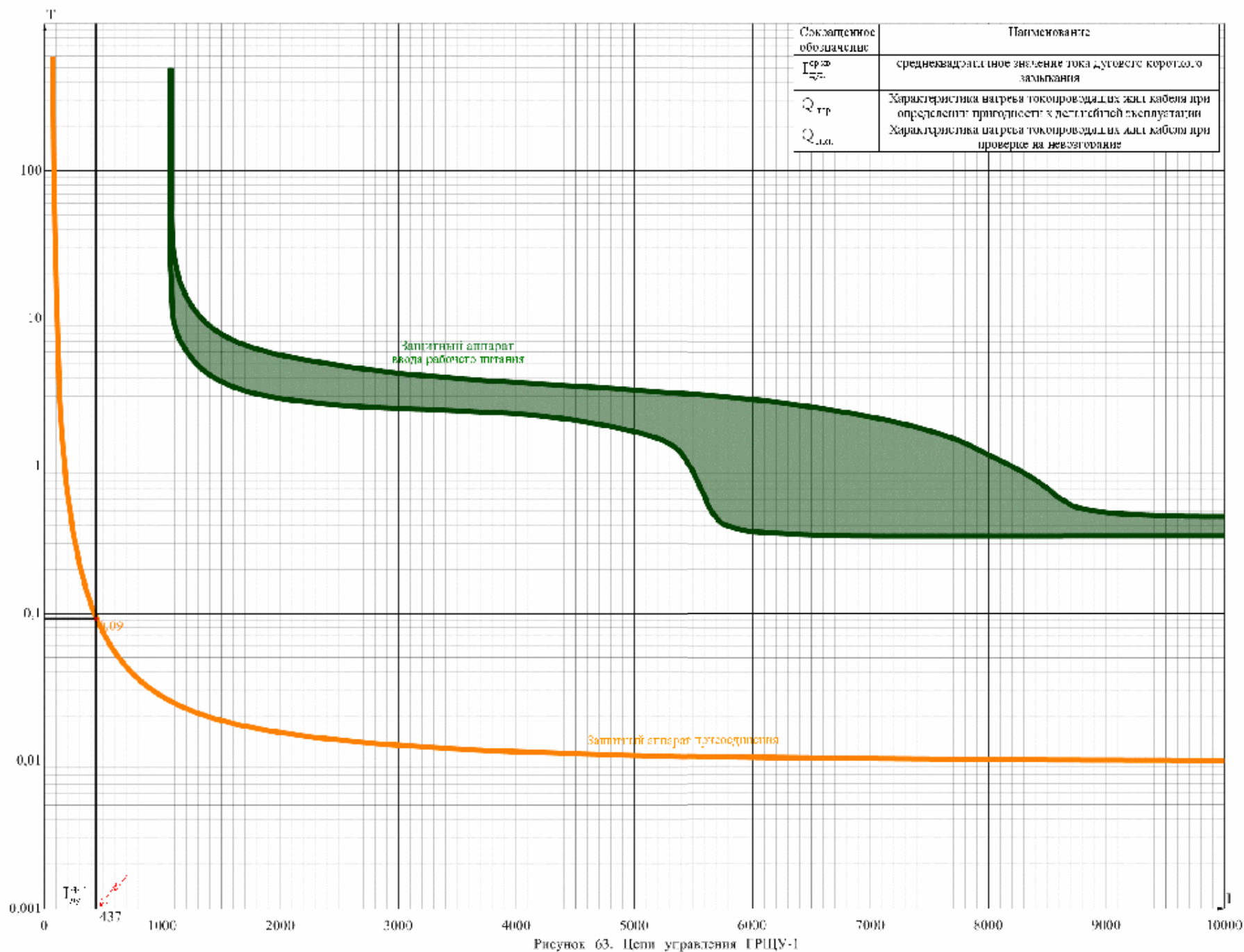


Рисунок 63. Цели управления ГРЦУ-1

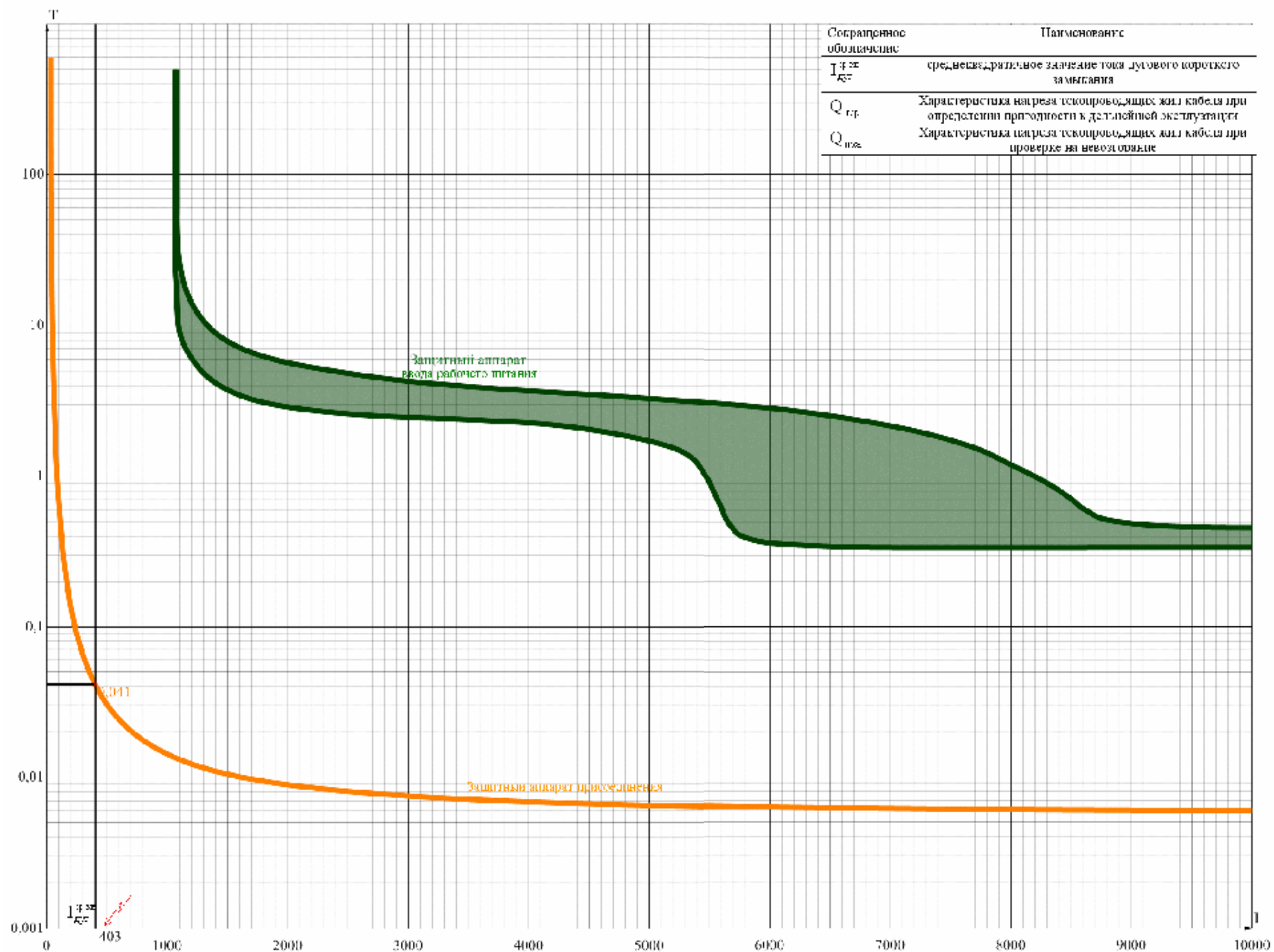


Рисунок 70. Цели управления ГЦУ

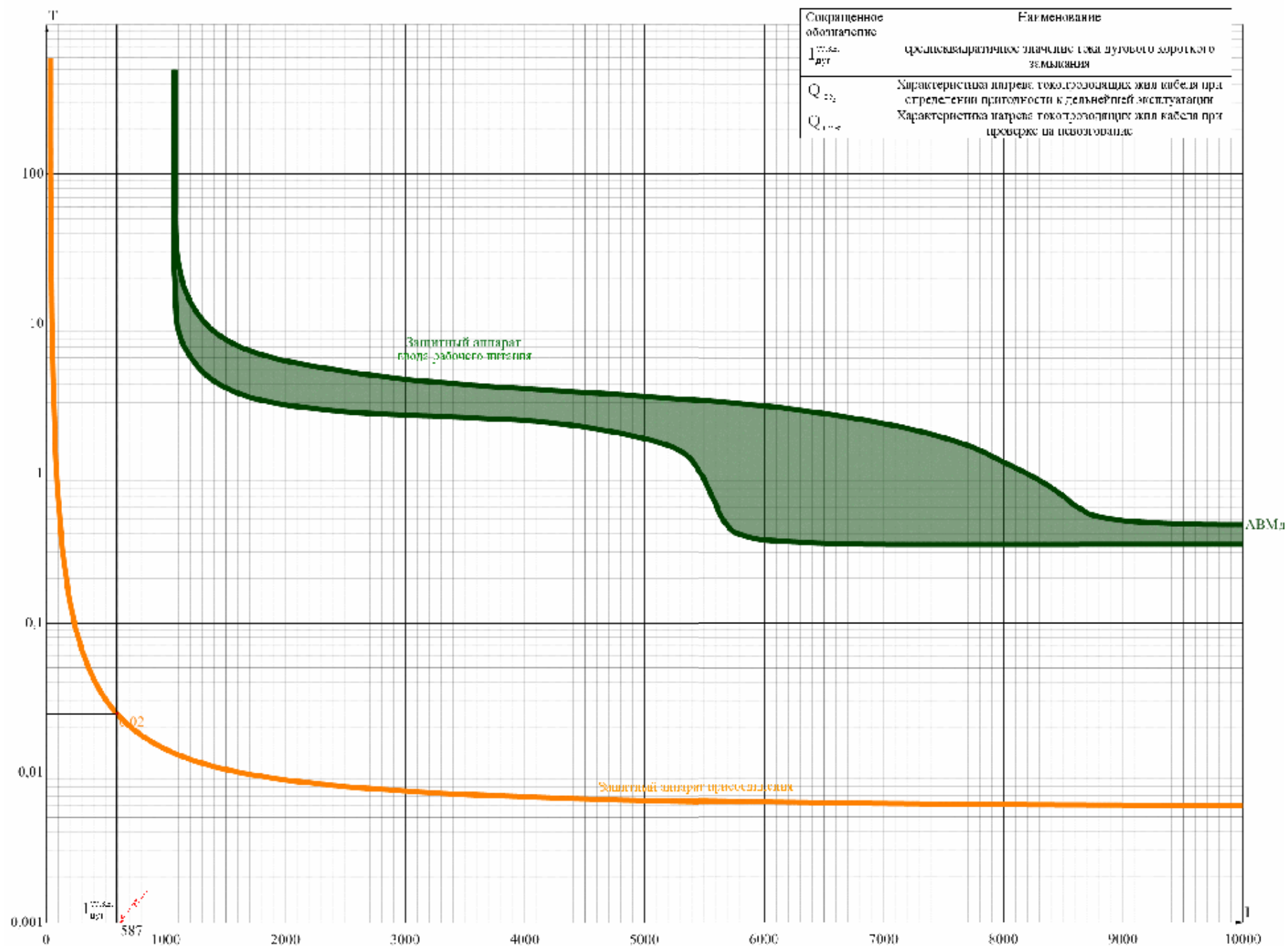


Рисунок 69. Цели управления ГЦУ

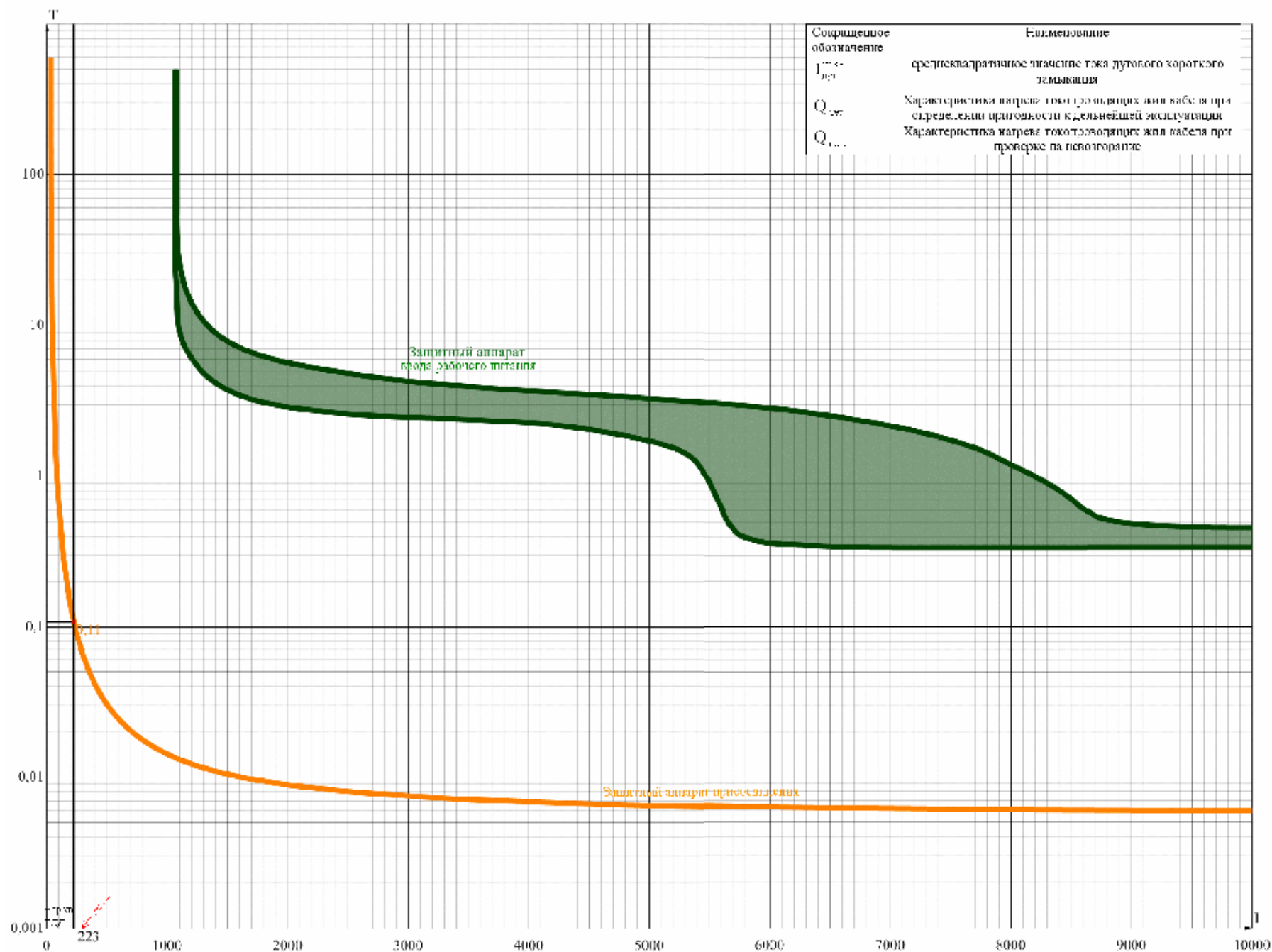


Рисунок 68. Цели управления РУСН-0,4 кВ

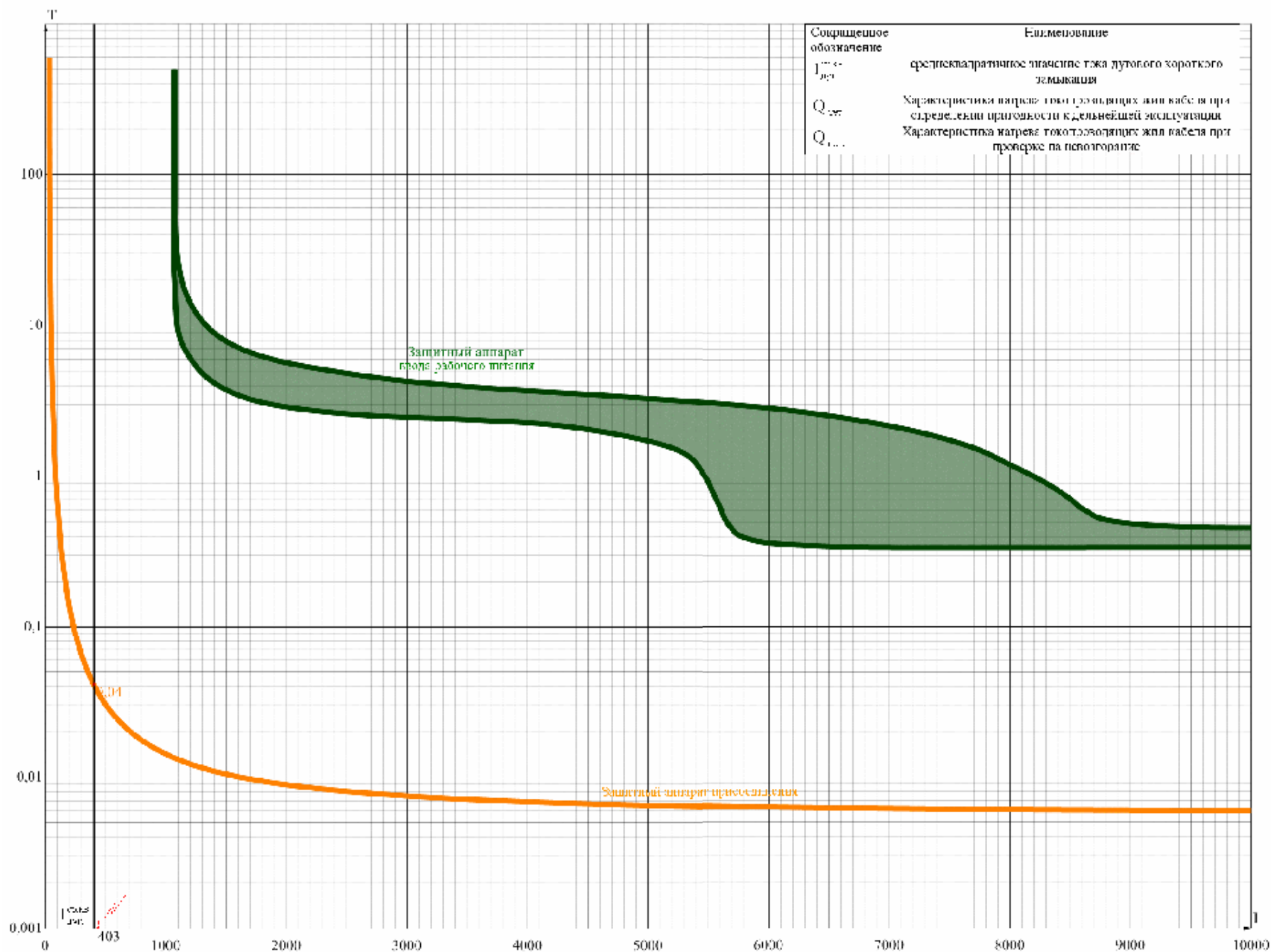


Рисунок 72. Цели управления ГЦУ

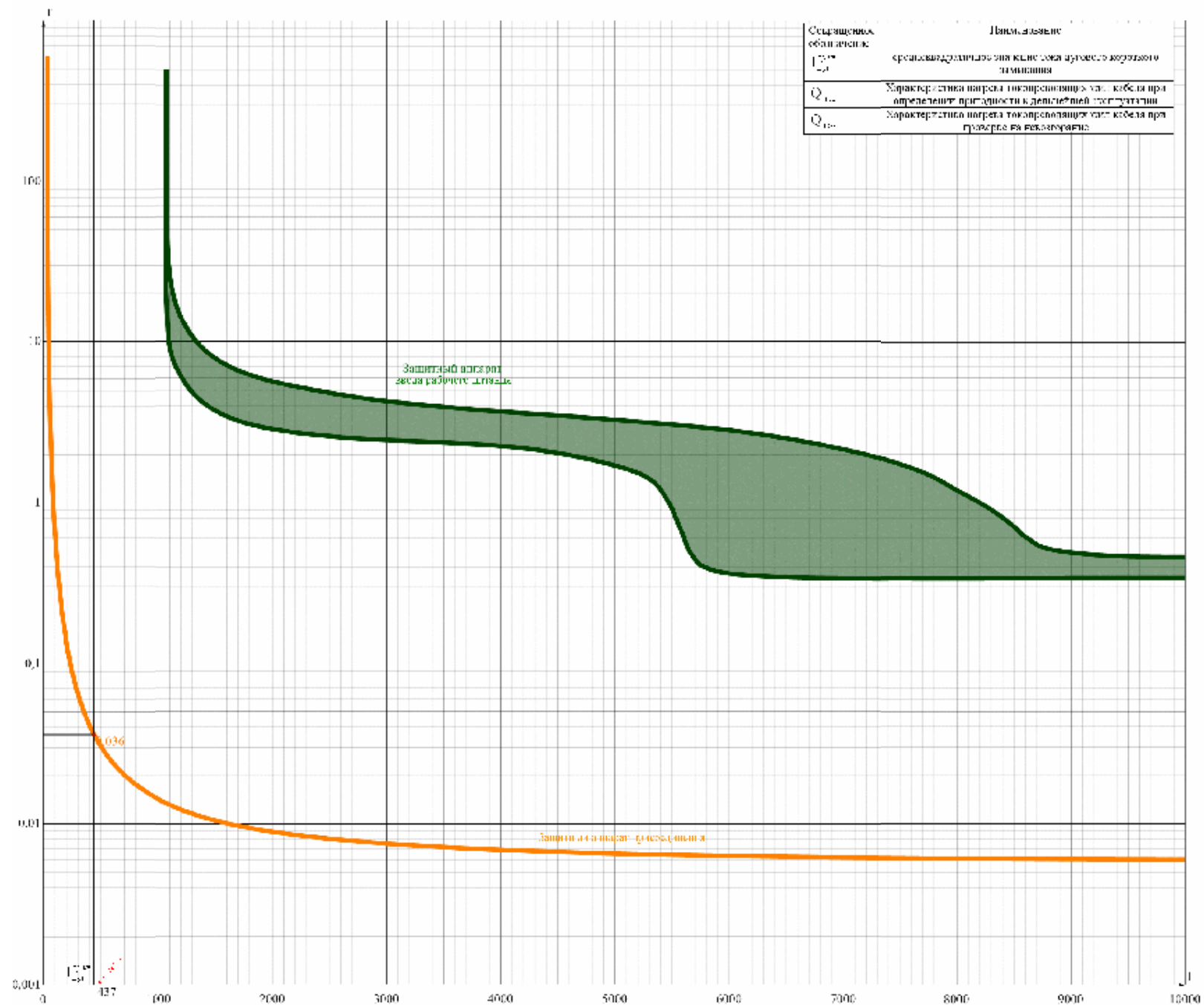


Рисунок 78. Цели управления ПУ таб. 136

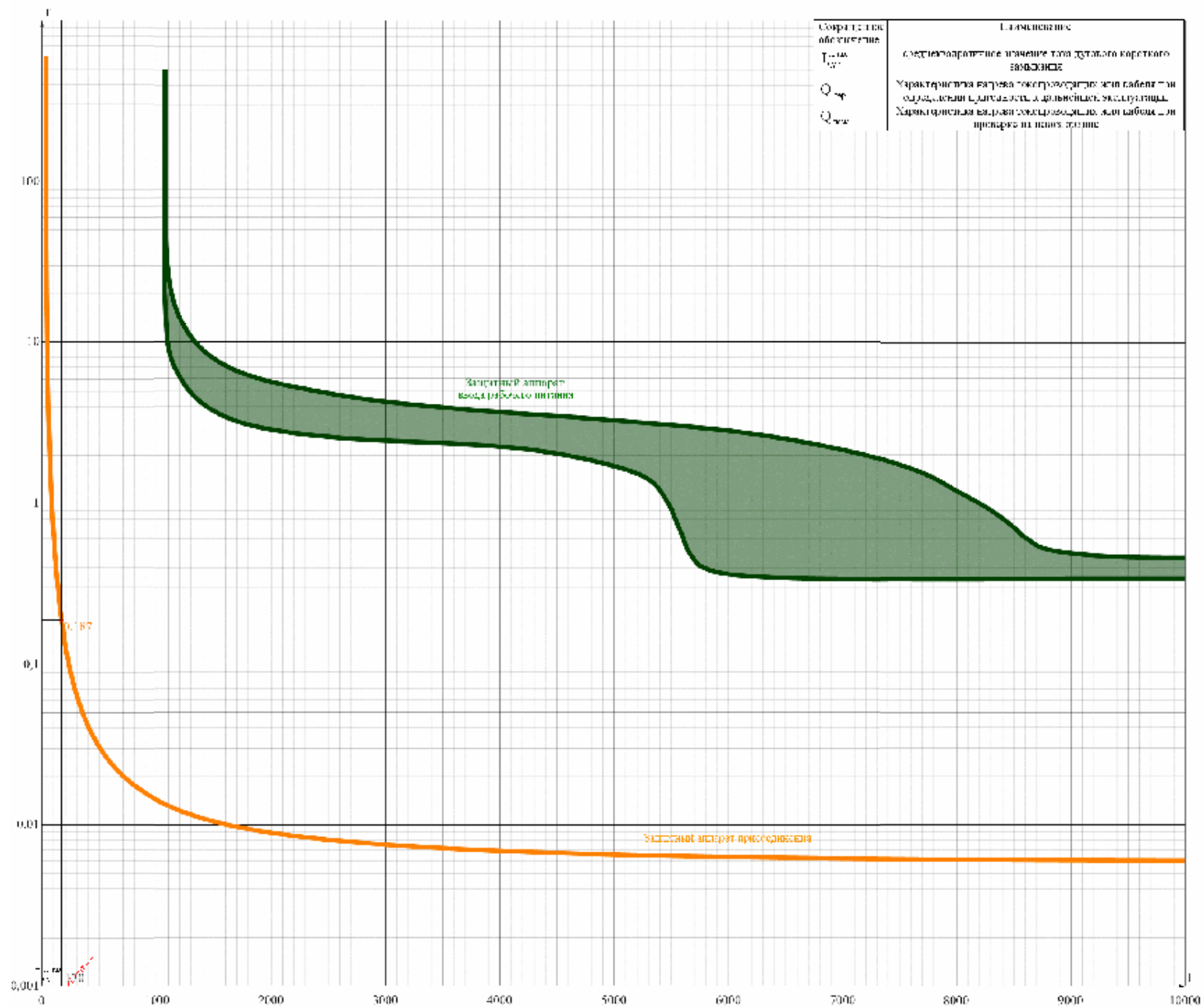
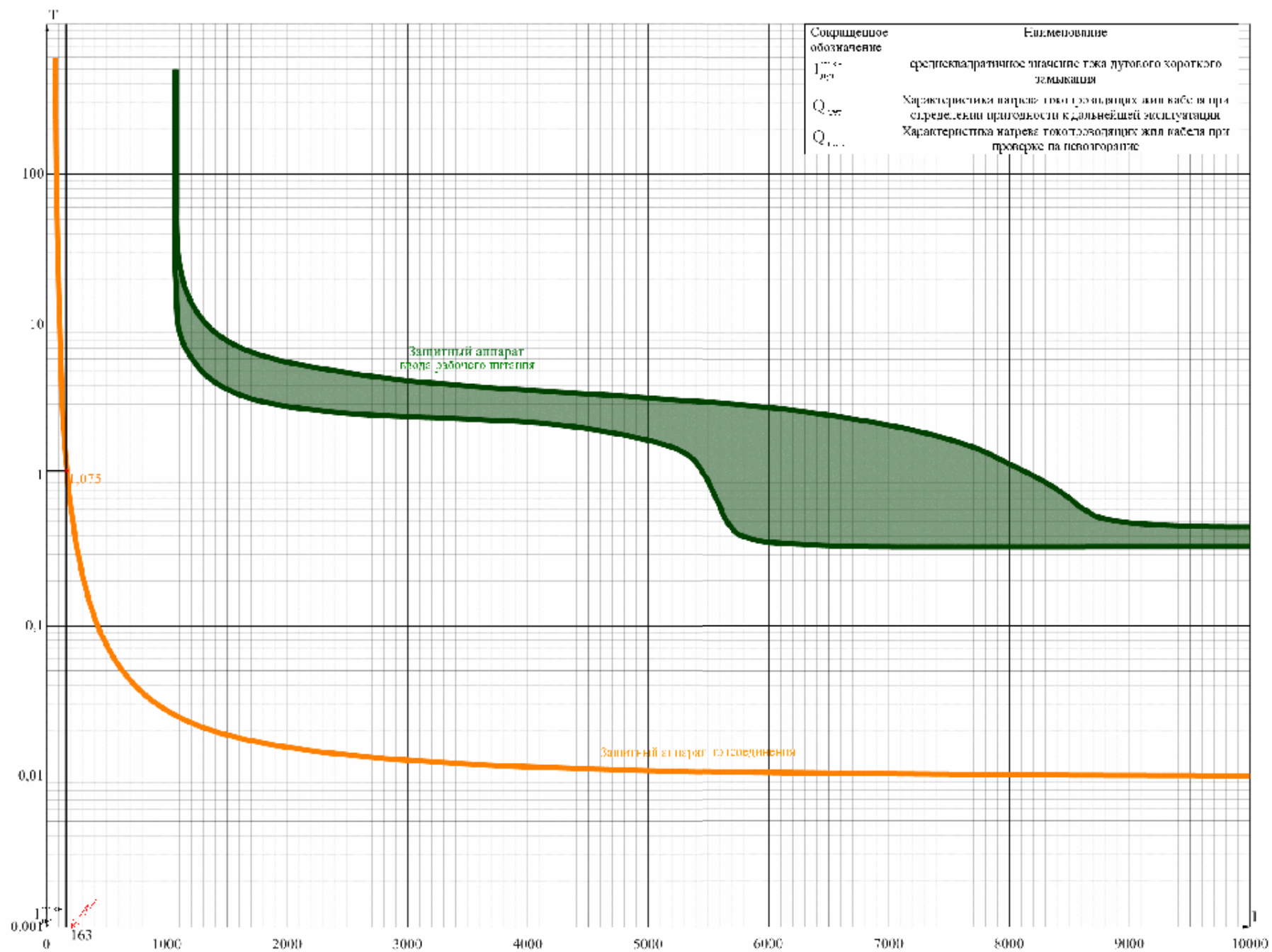
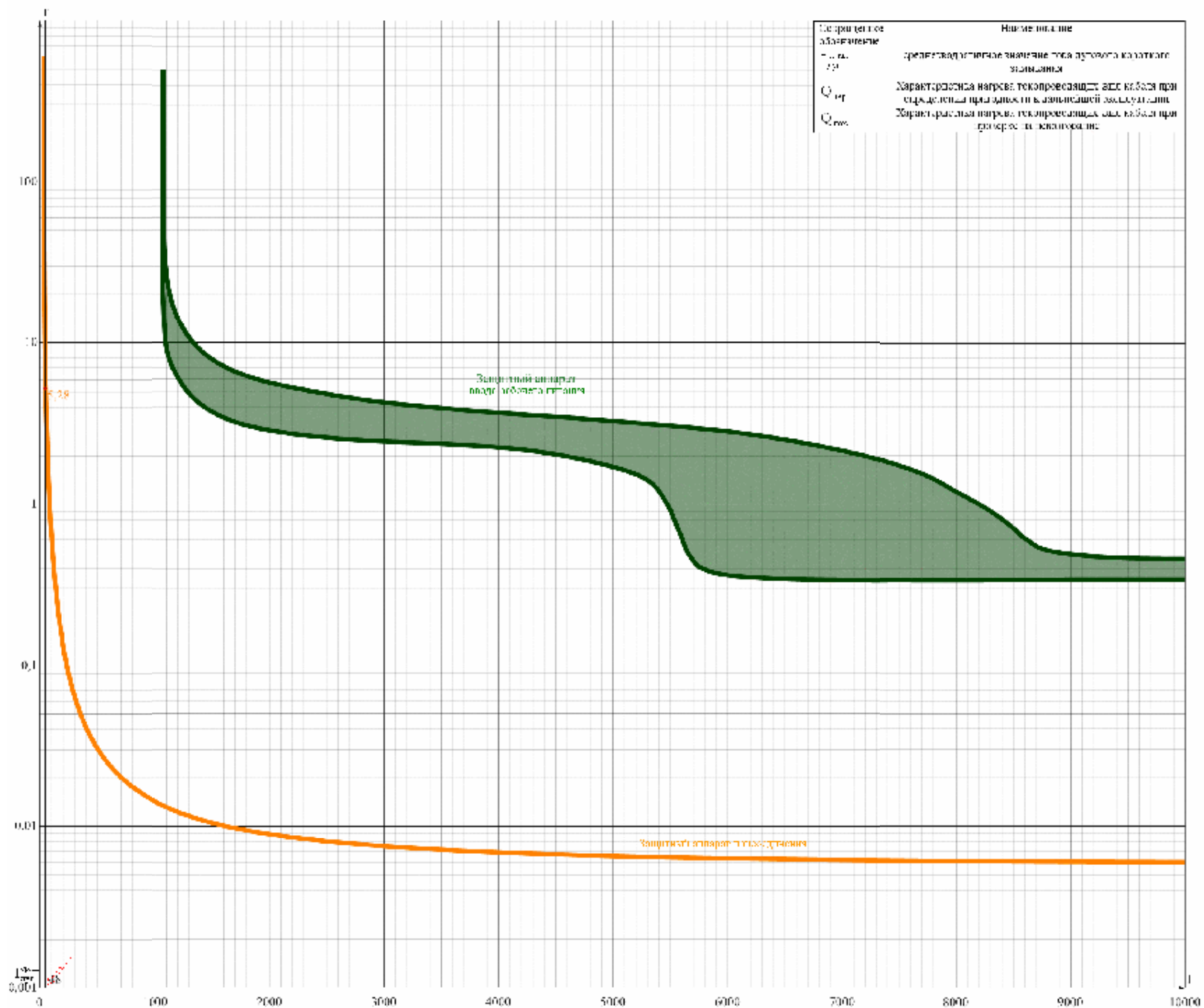
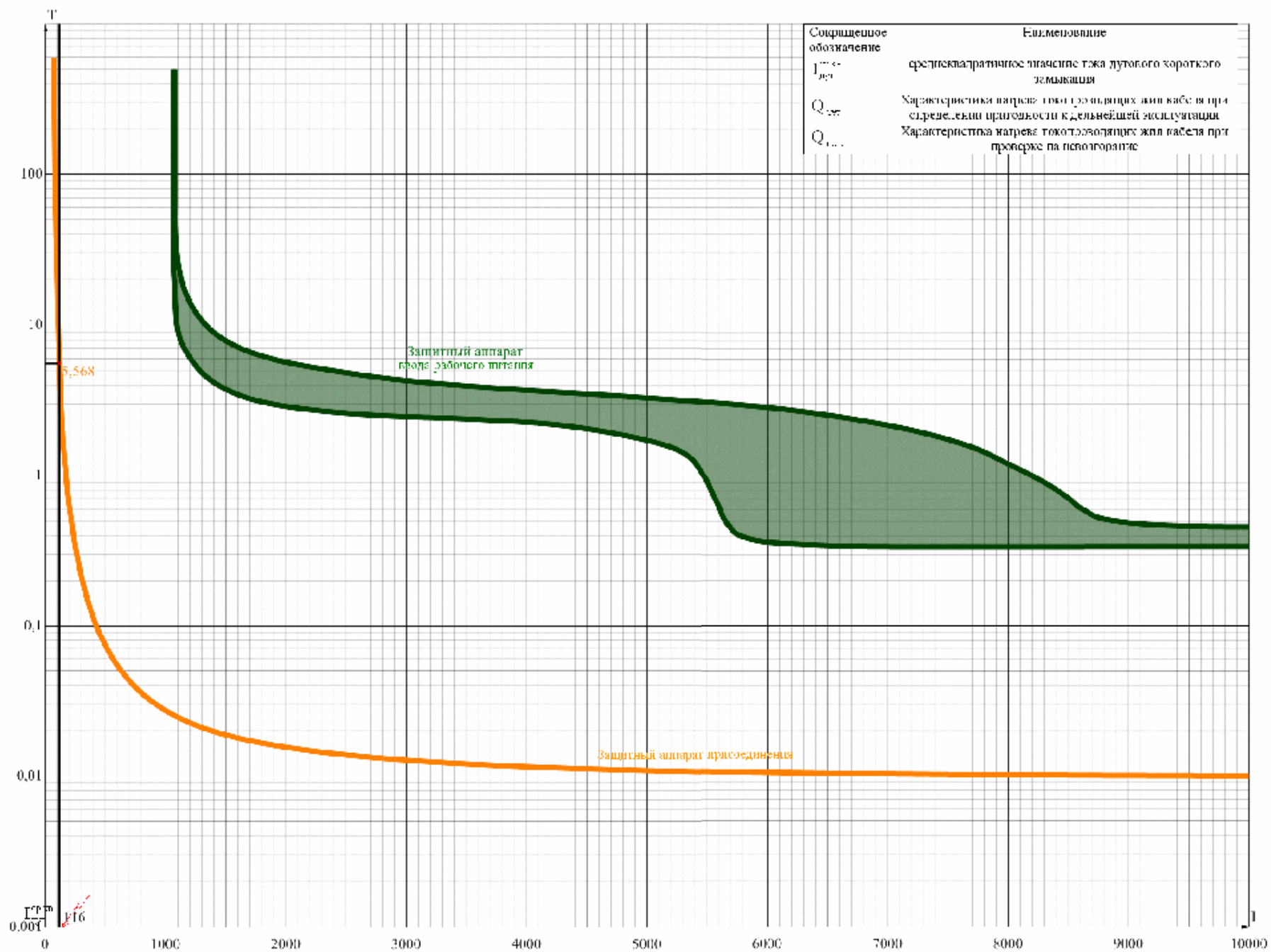


Рисунок 86. Цели управления ПУ фазы 701







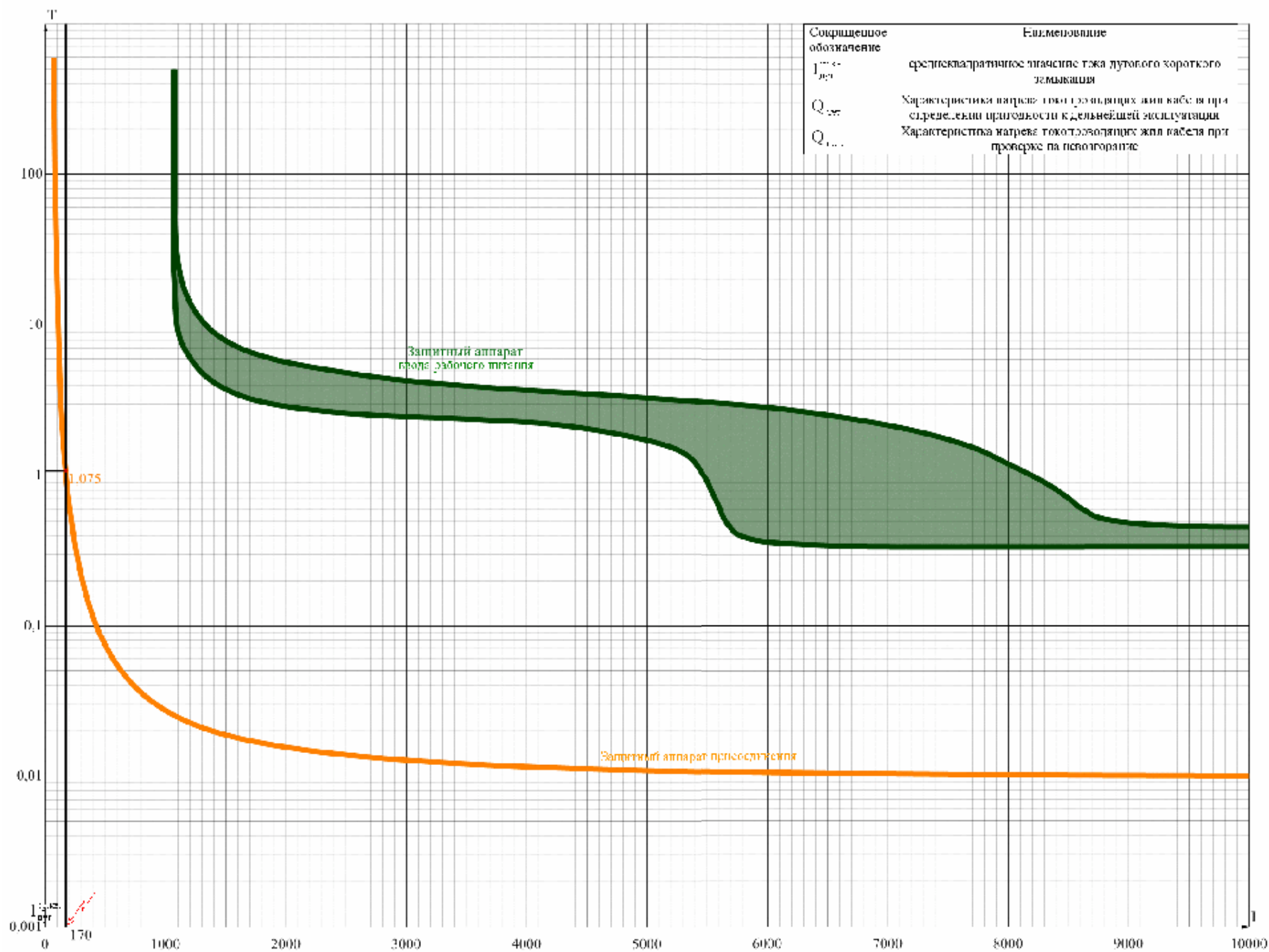
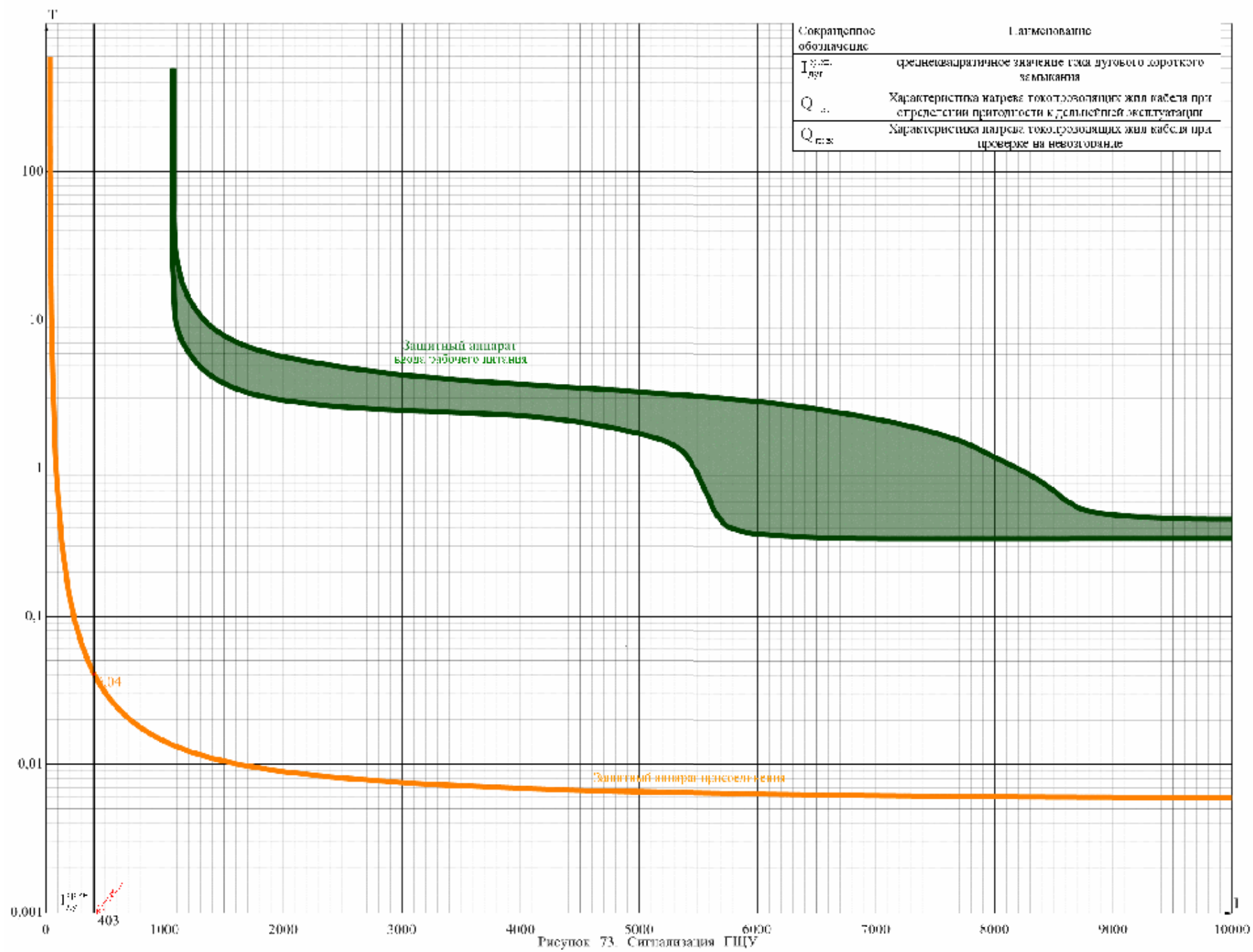
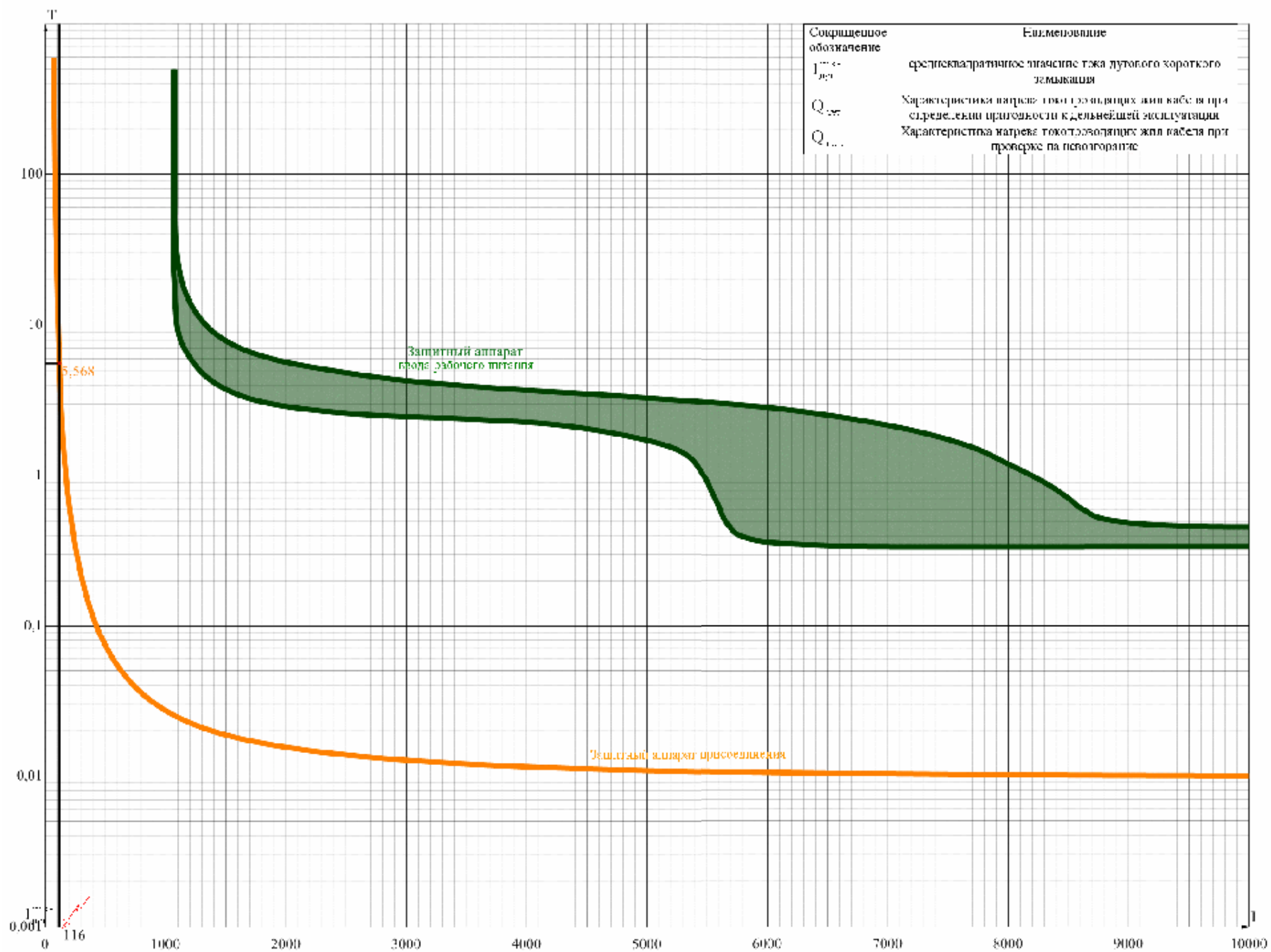


Рисунок 79 . Сигнализация ГРЩУ-3





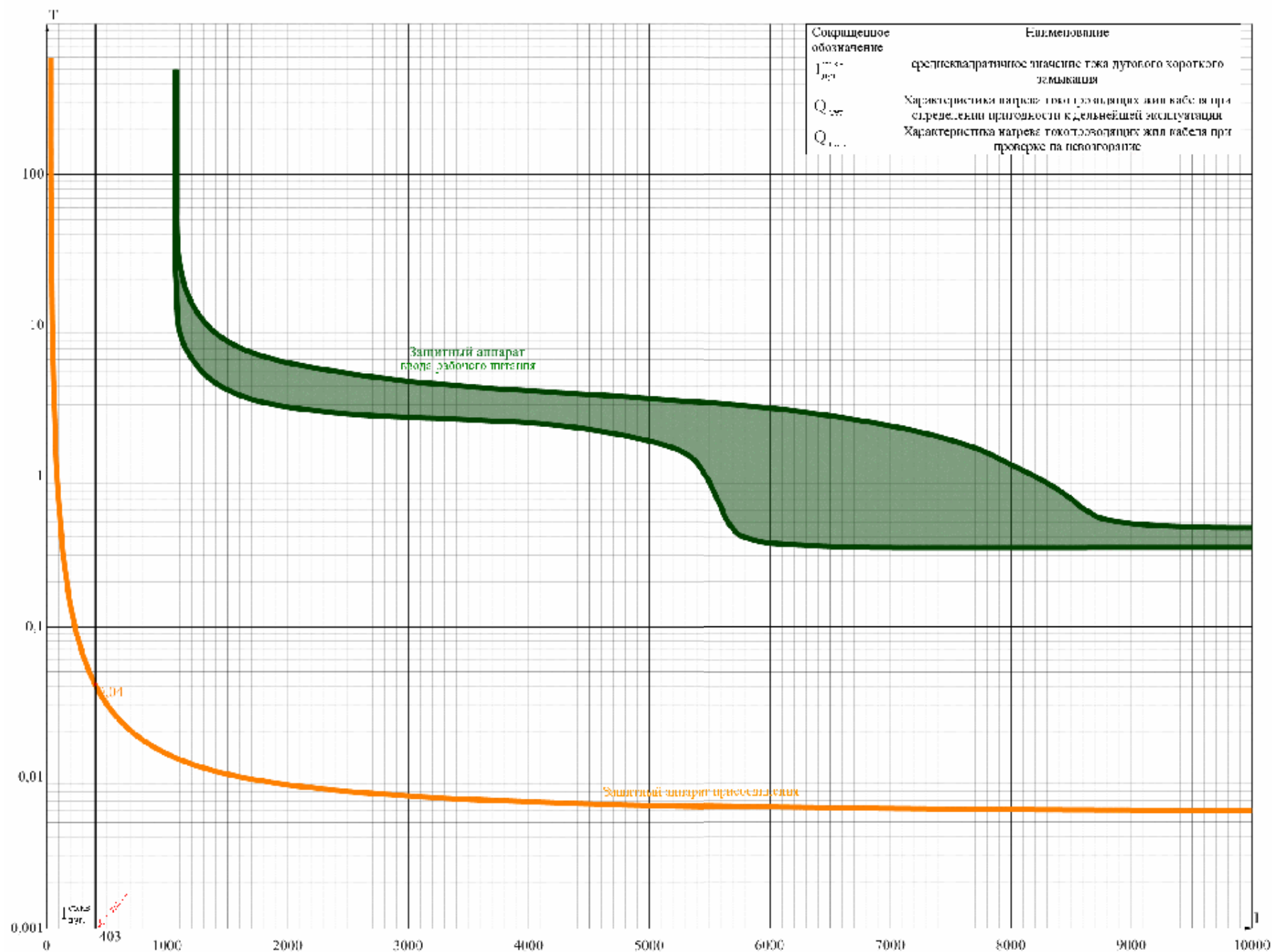
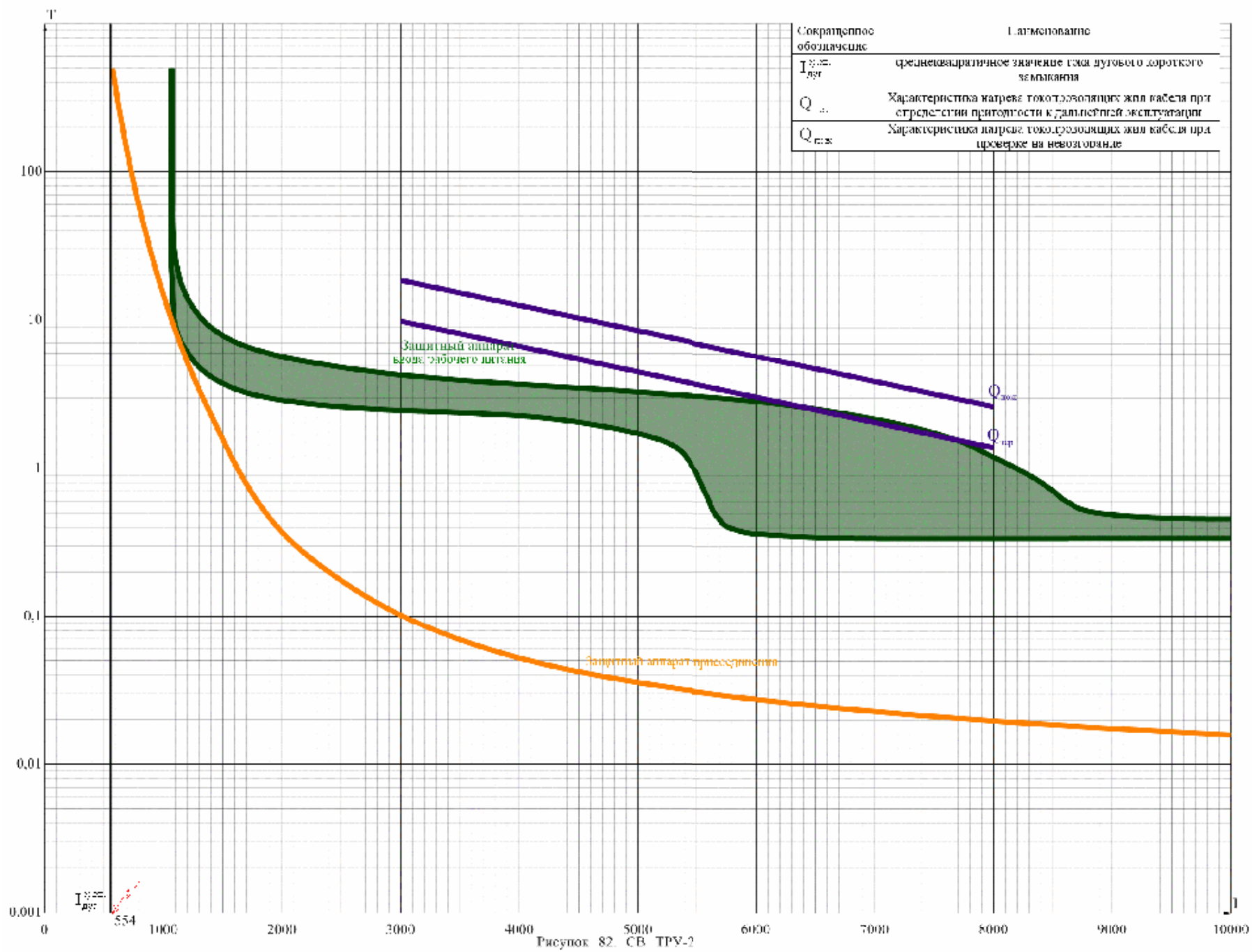
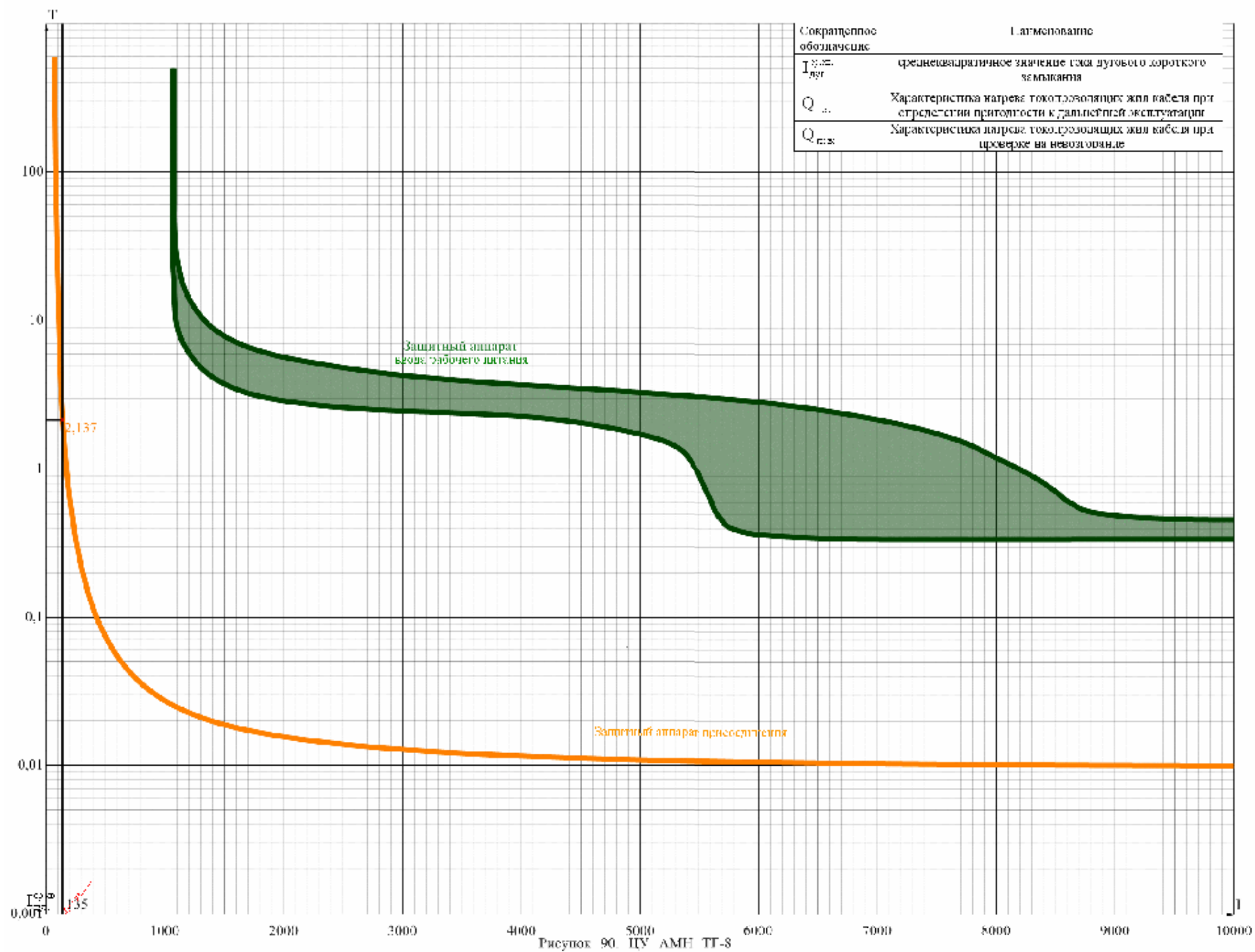
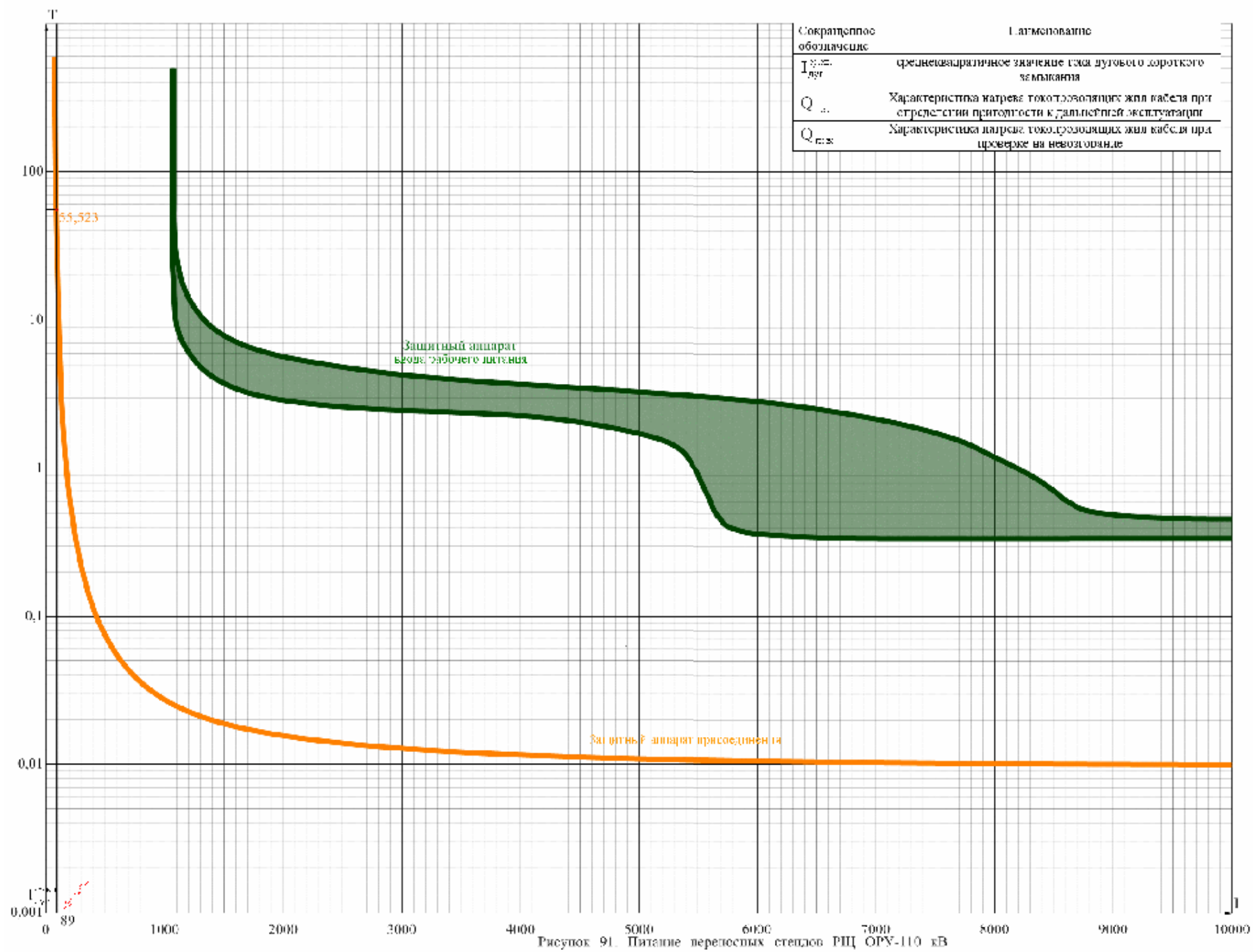


Рисунок 74. Цели управления ГЦУ







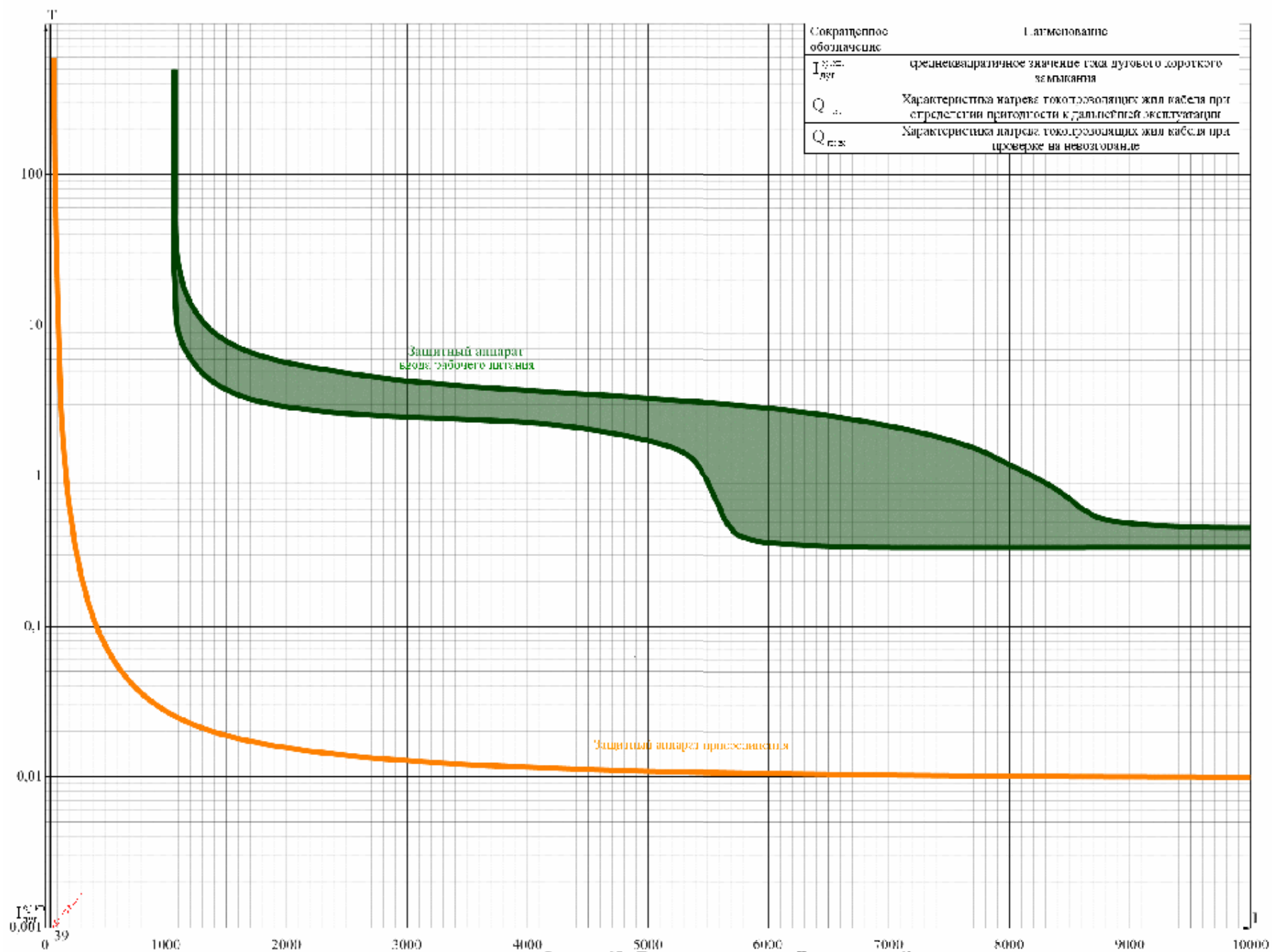


Рисунок 87. Питание сигнализации II очереди п. 68р

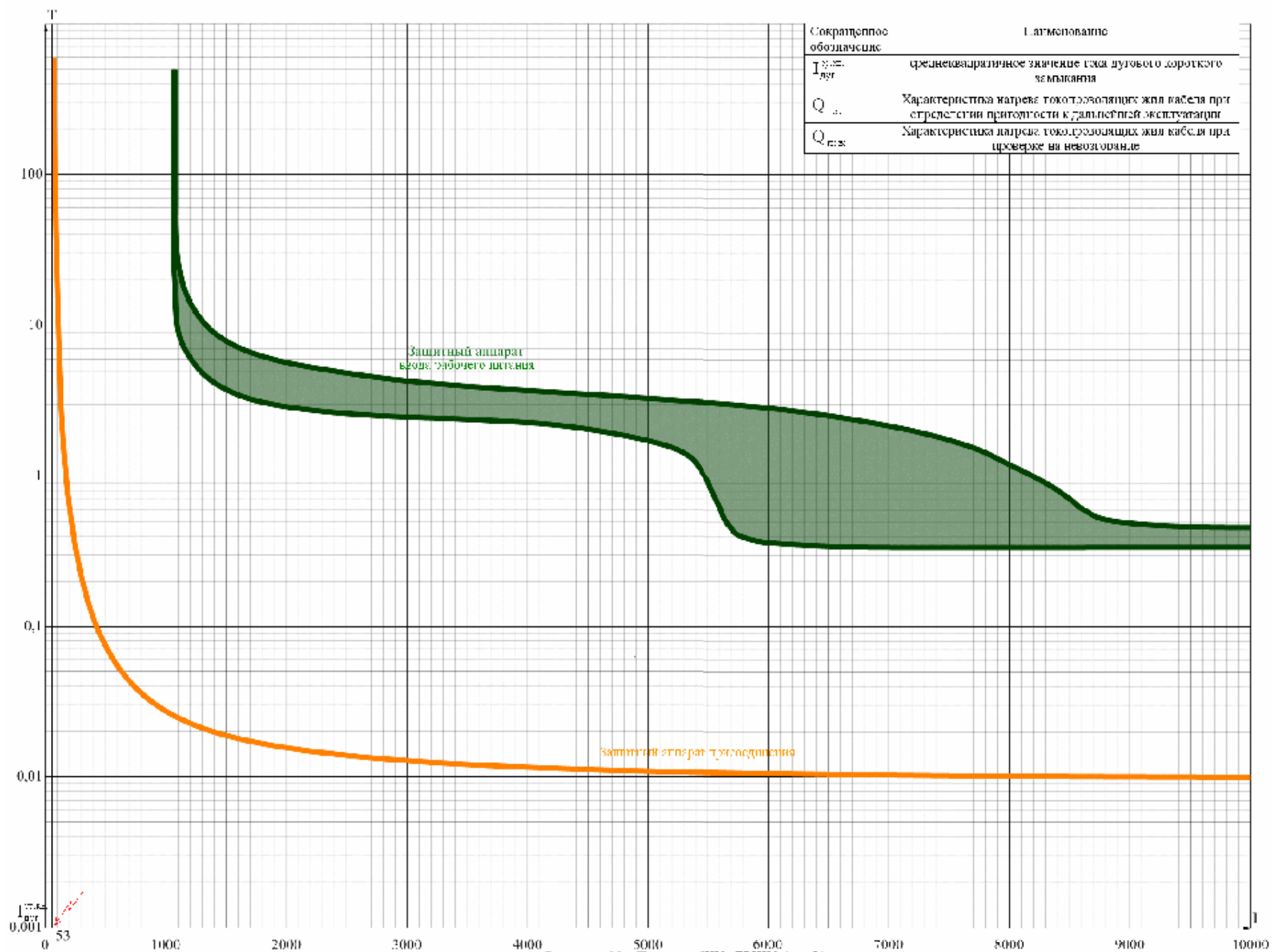


Рисунок 88. Питание ШУ ГРЩУ-4 п.51

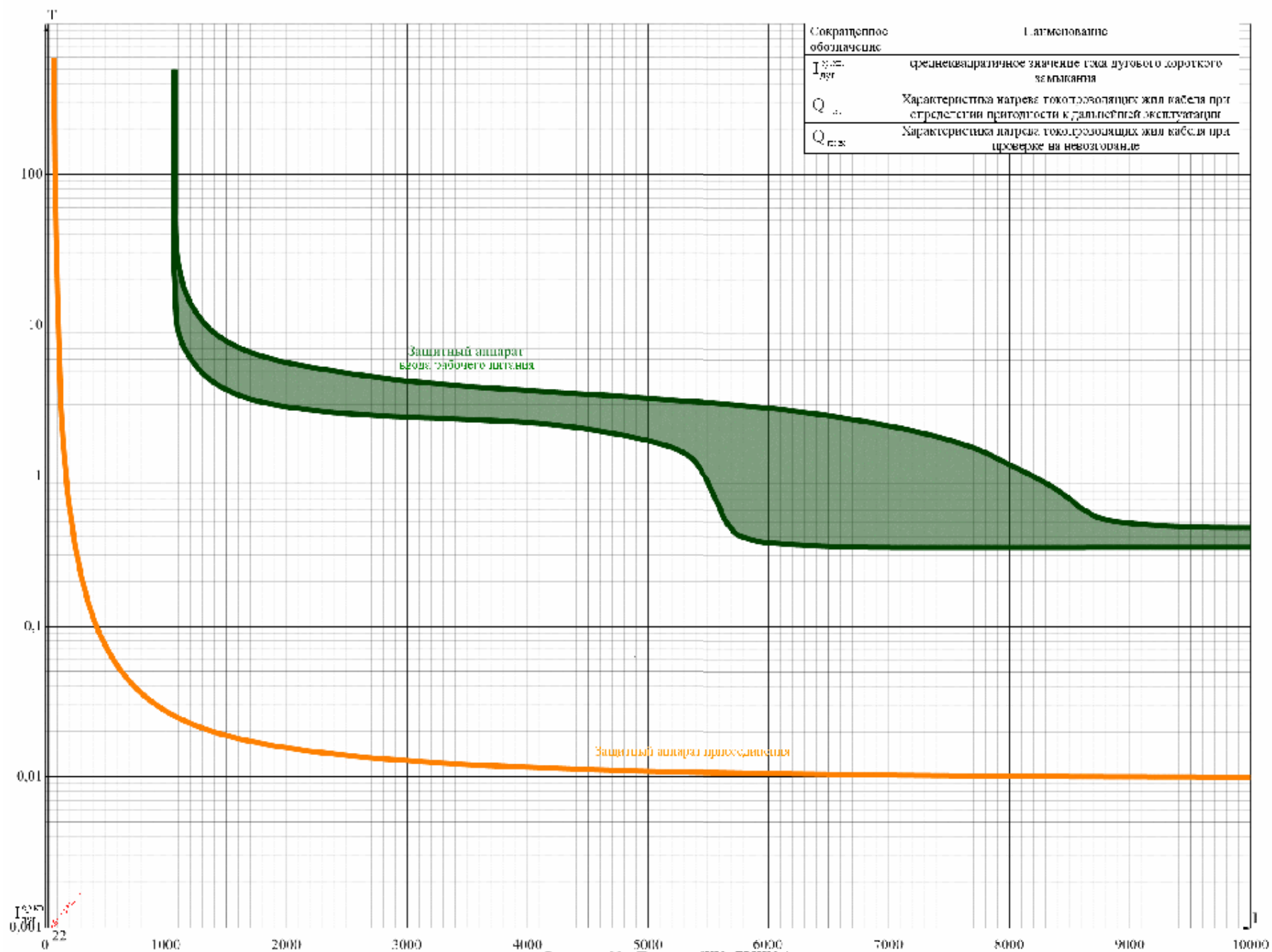
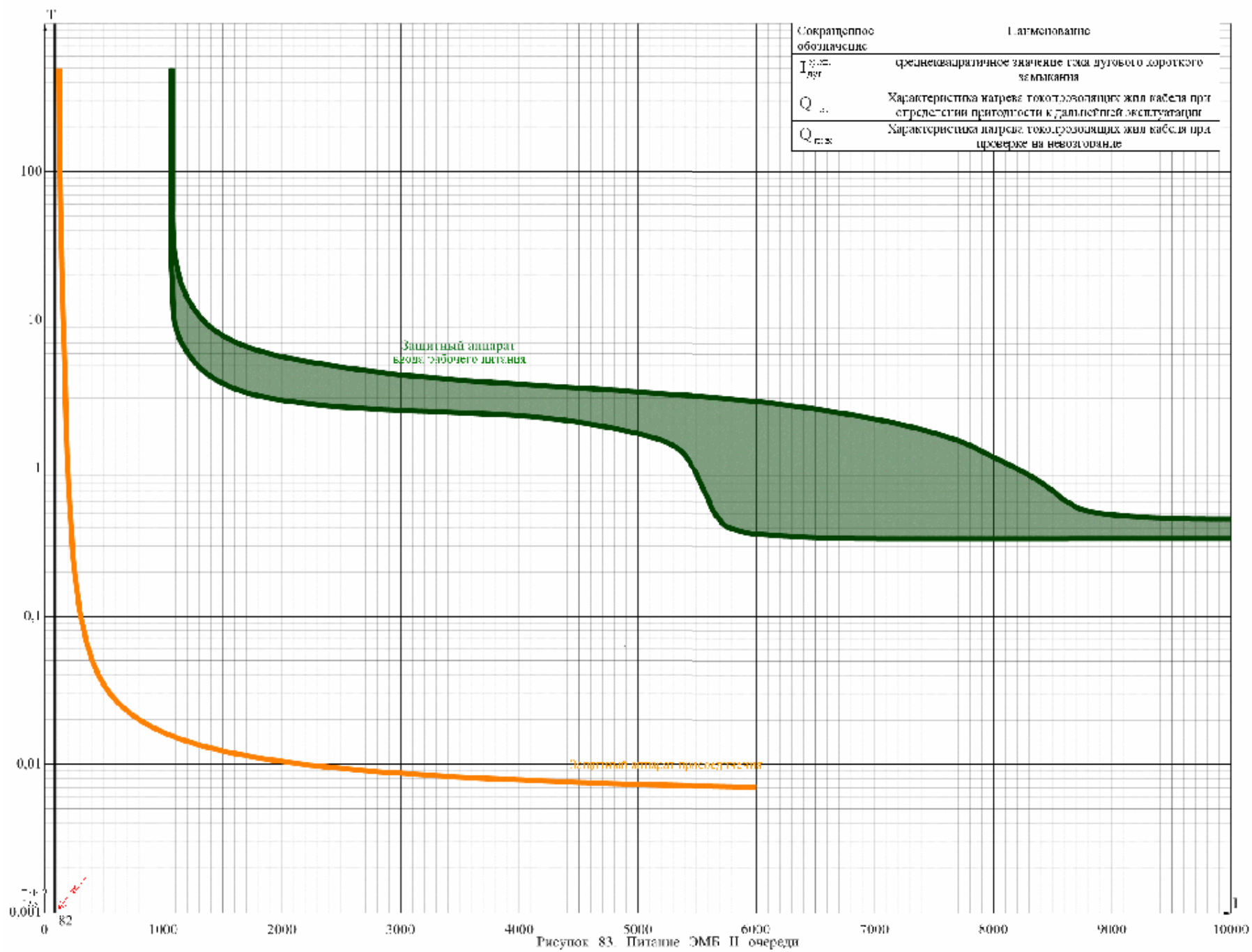
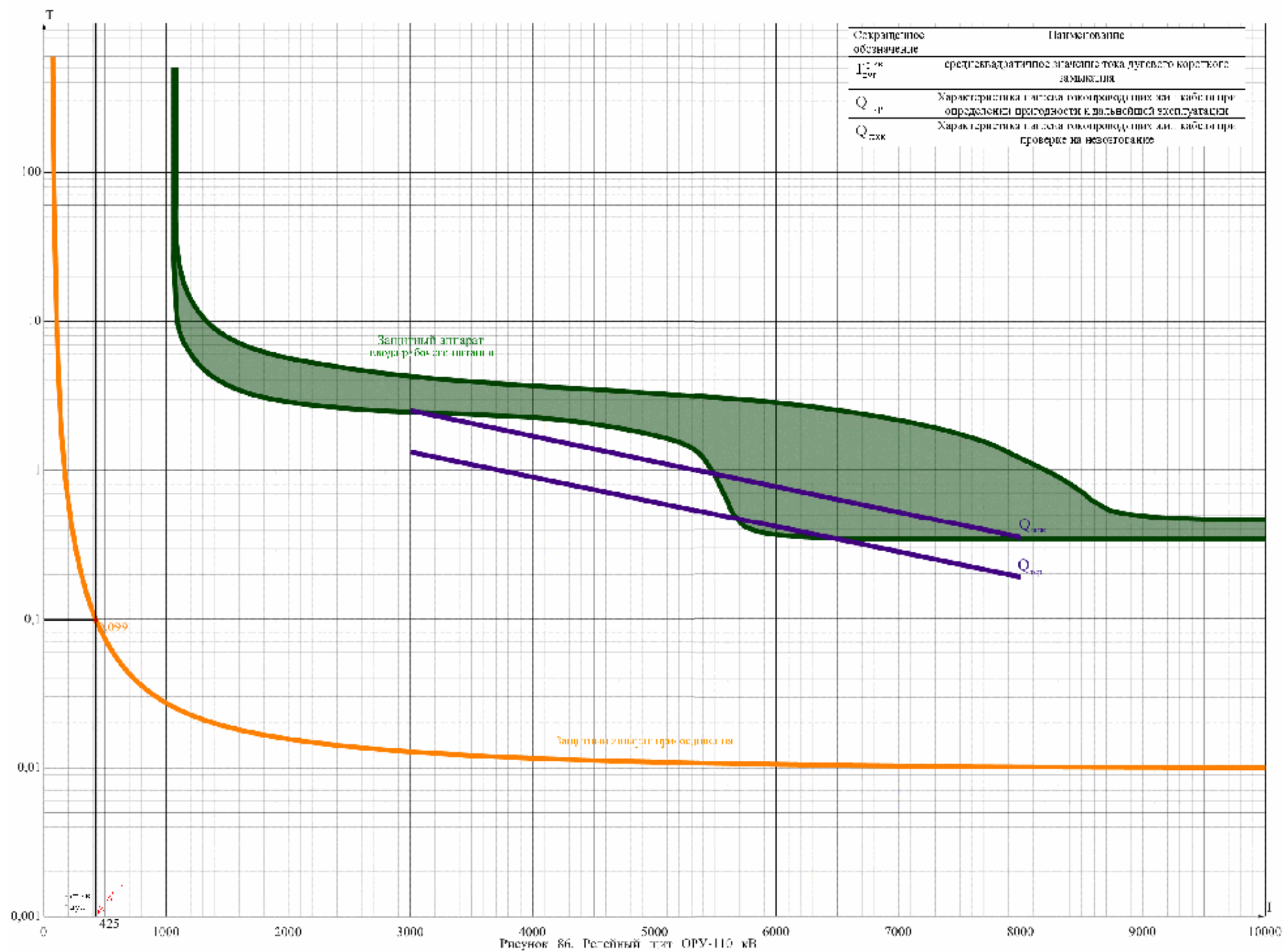
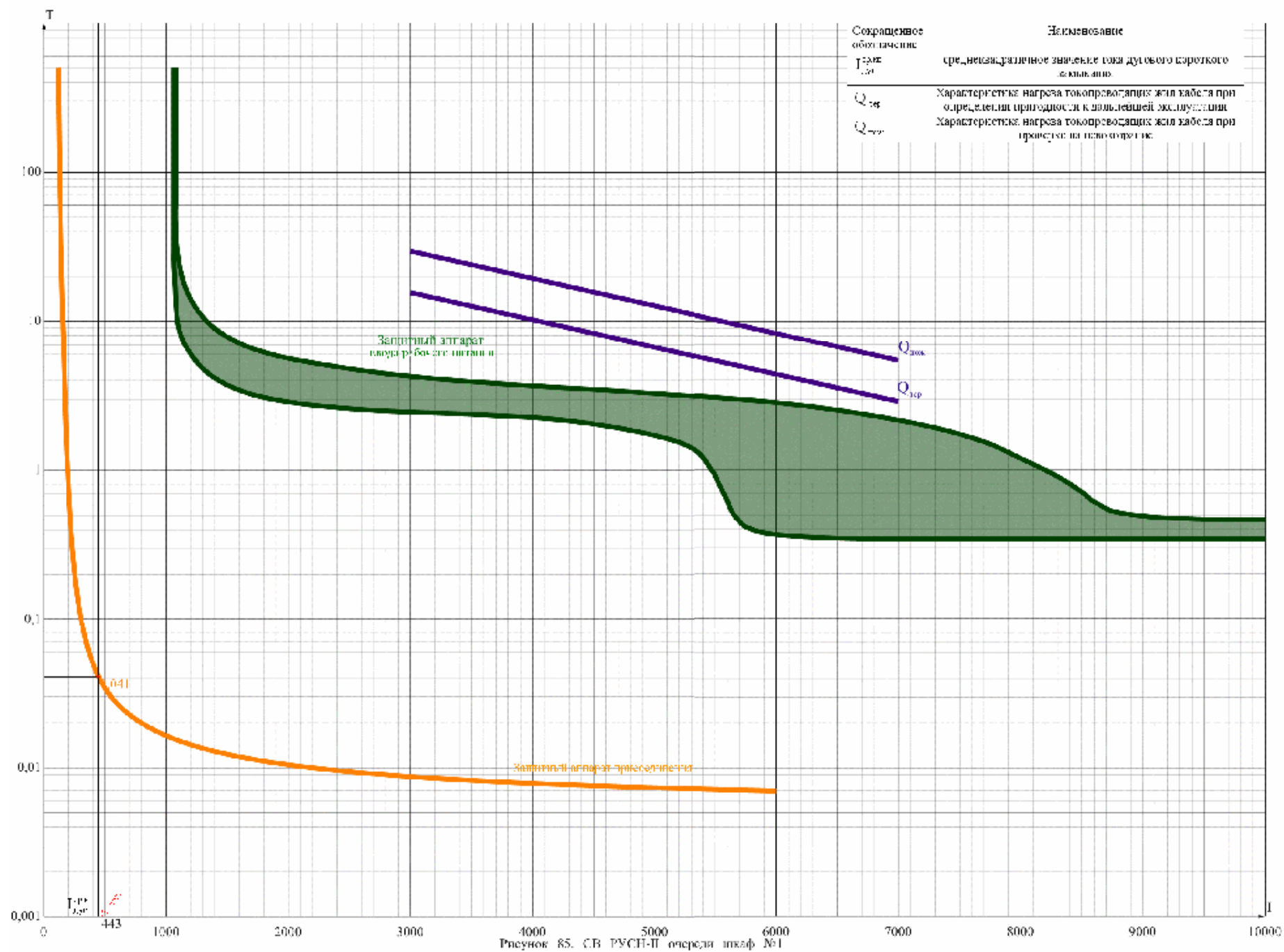


Рисунок 89. Питание ШУ ГРЩУ-4 п.э.т.







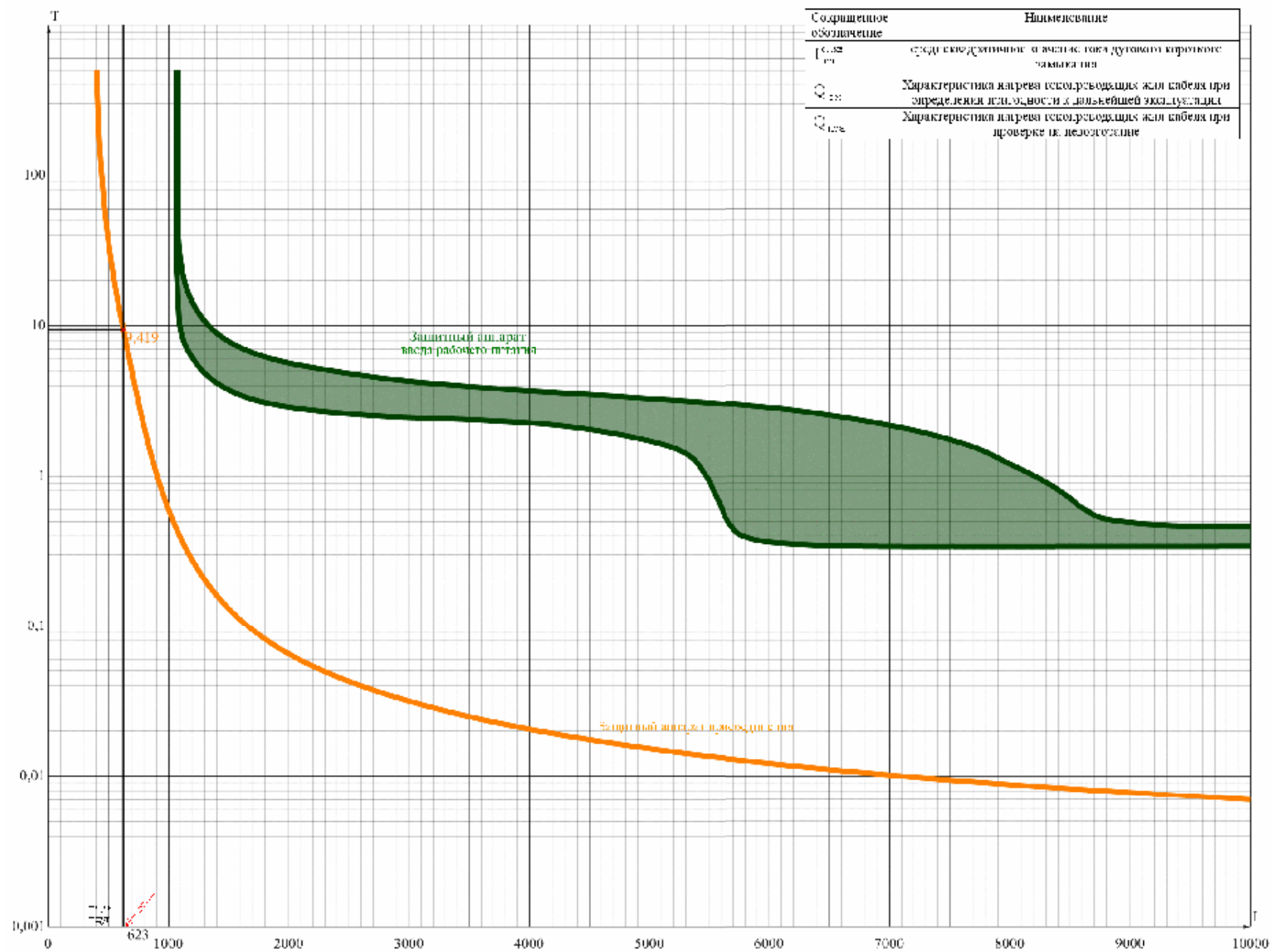
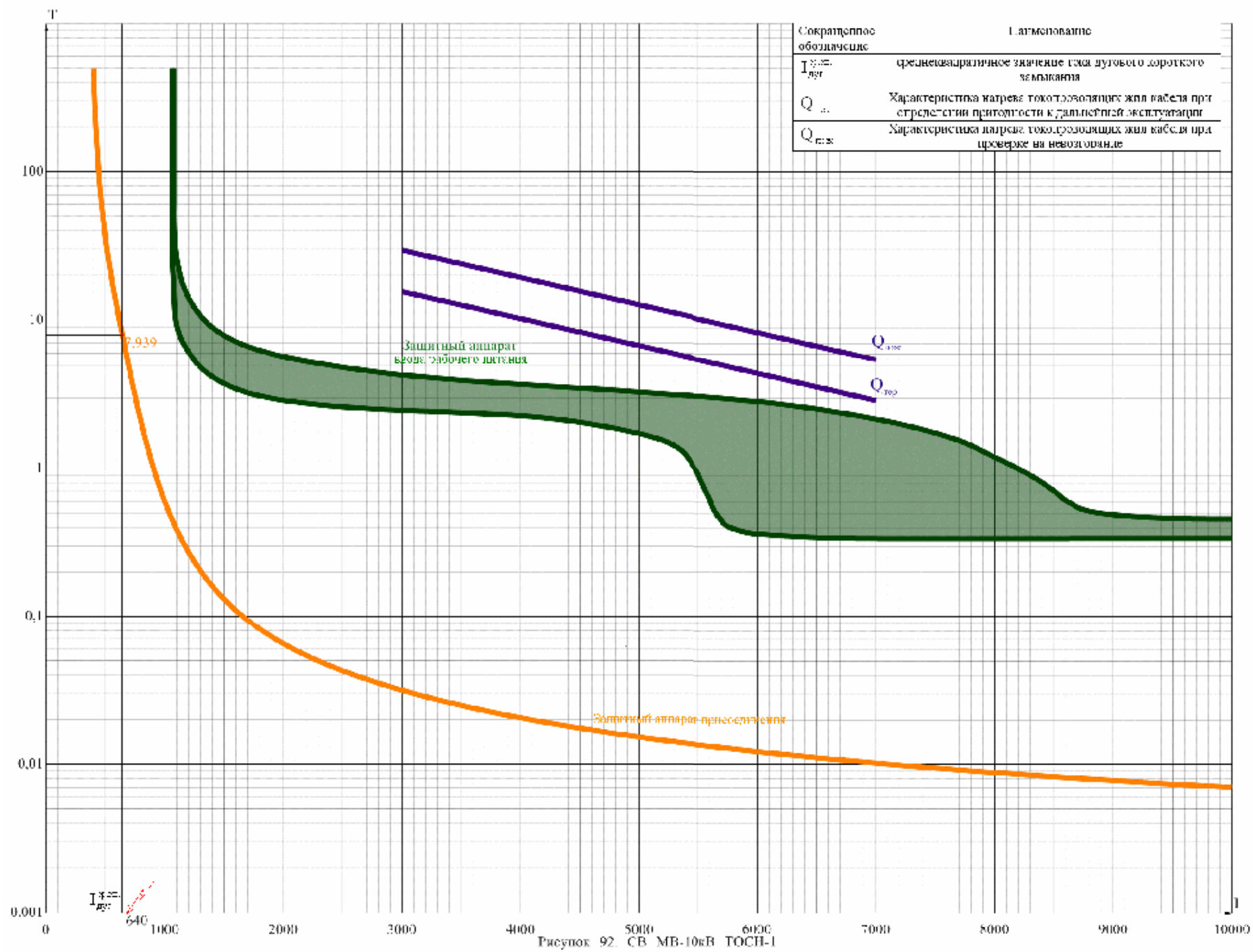
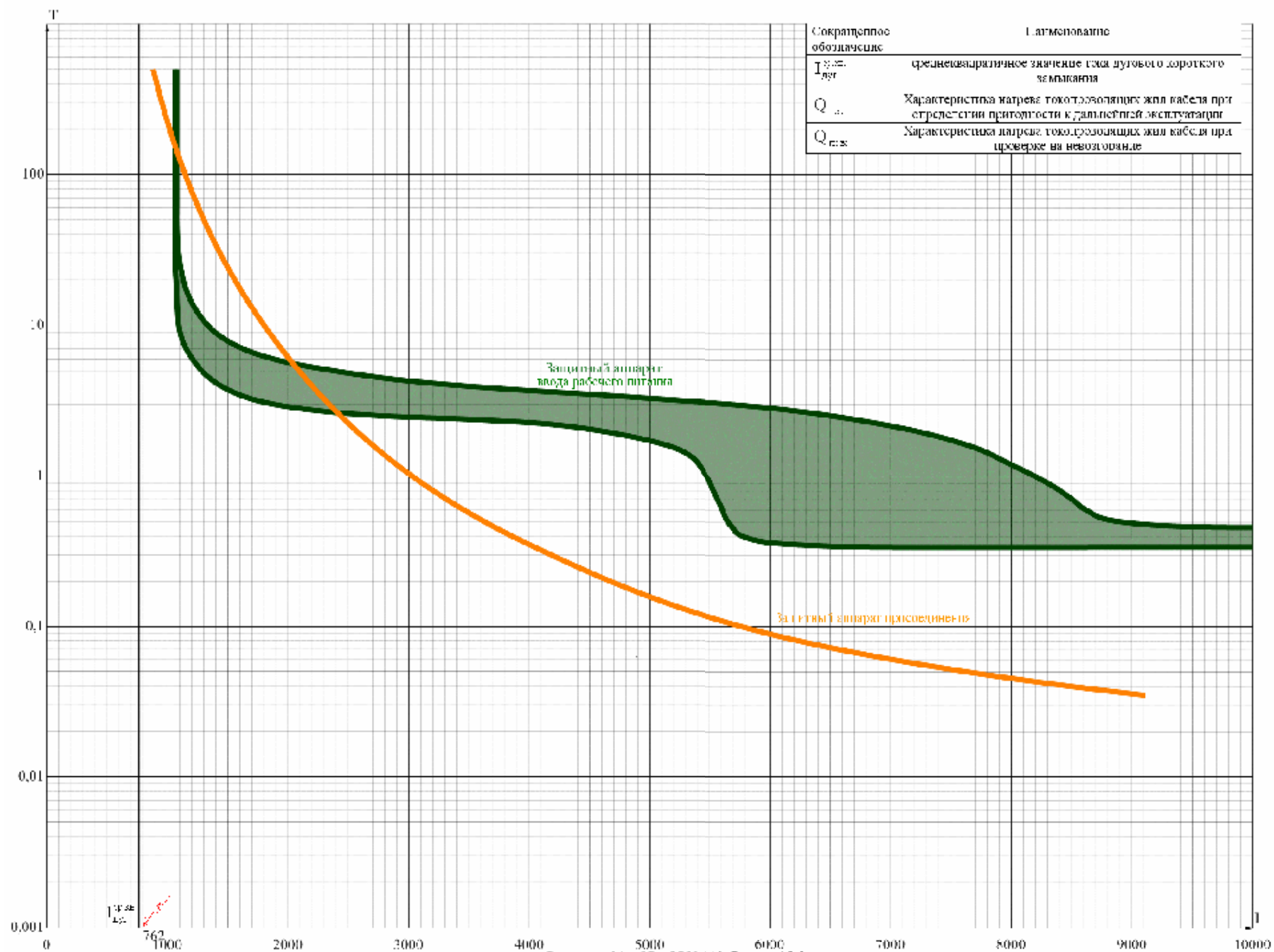
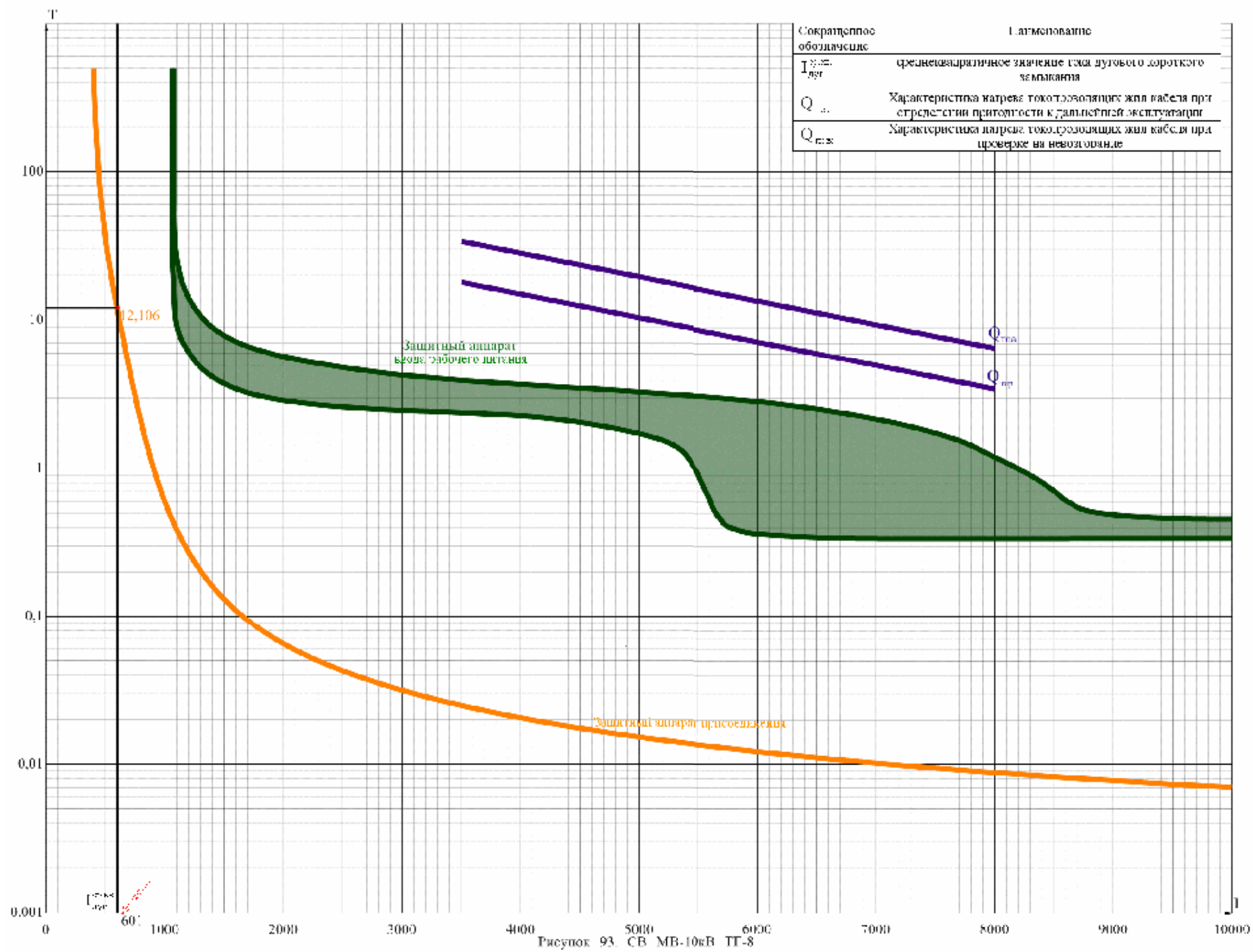
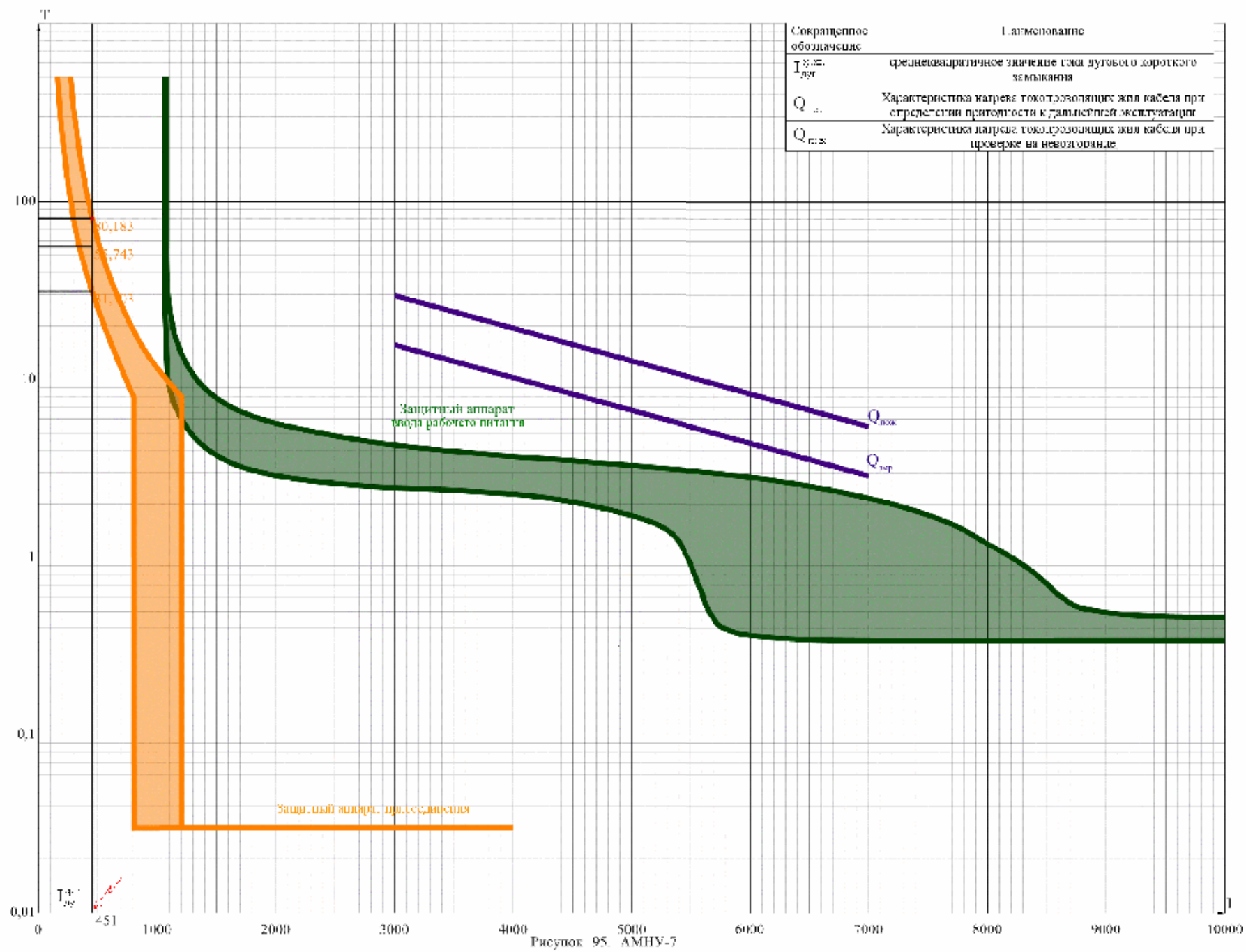


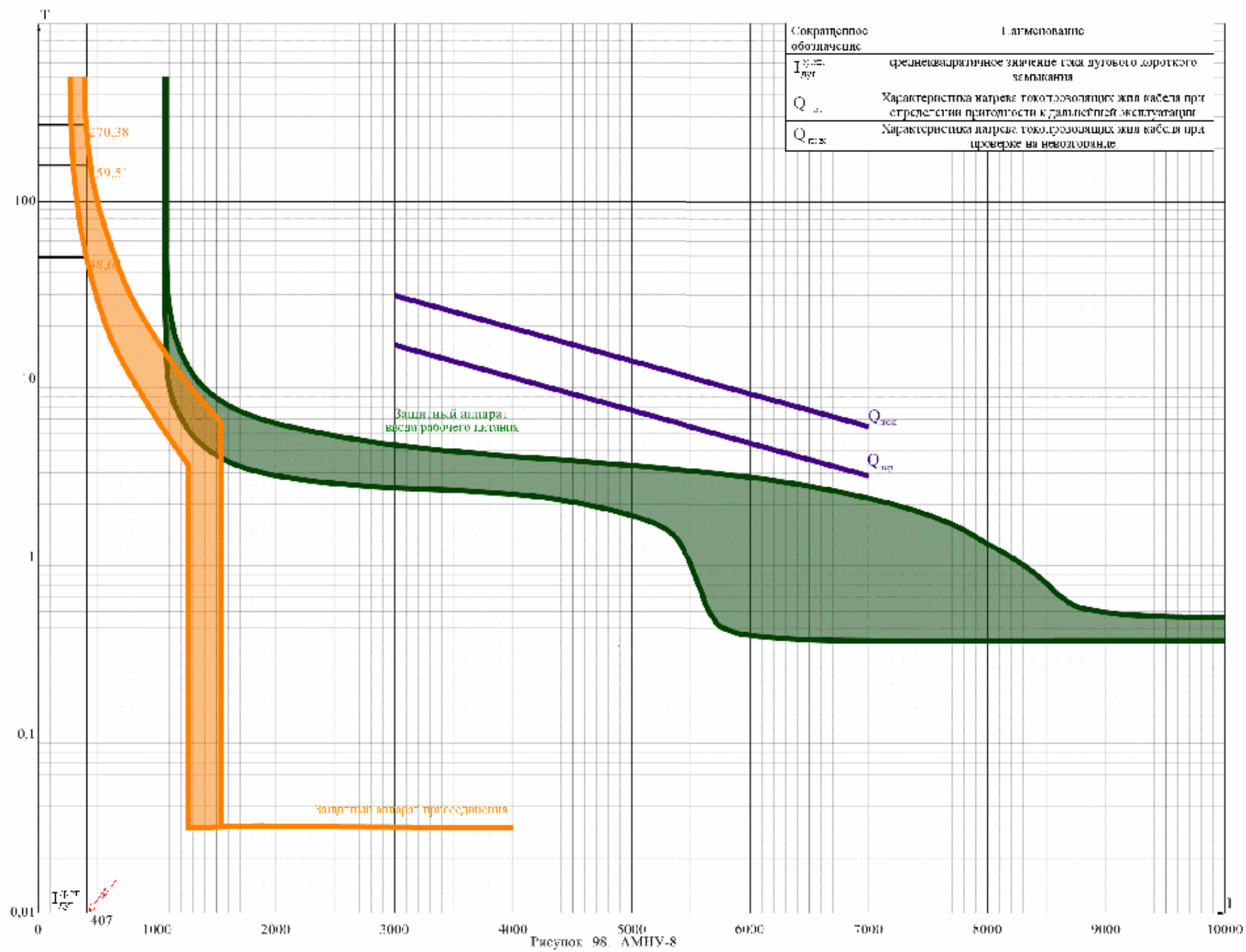
Рисунок 84. СВ С 10Р

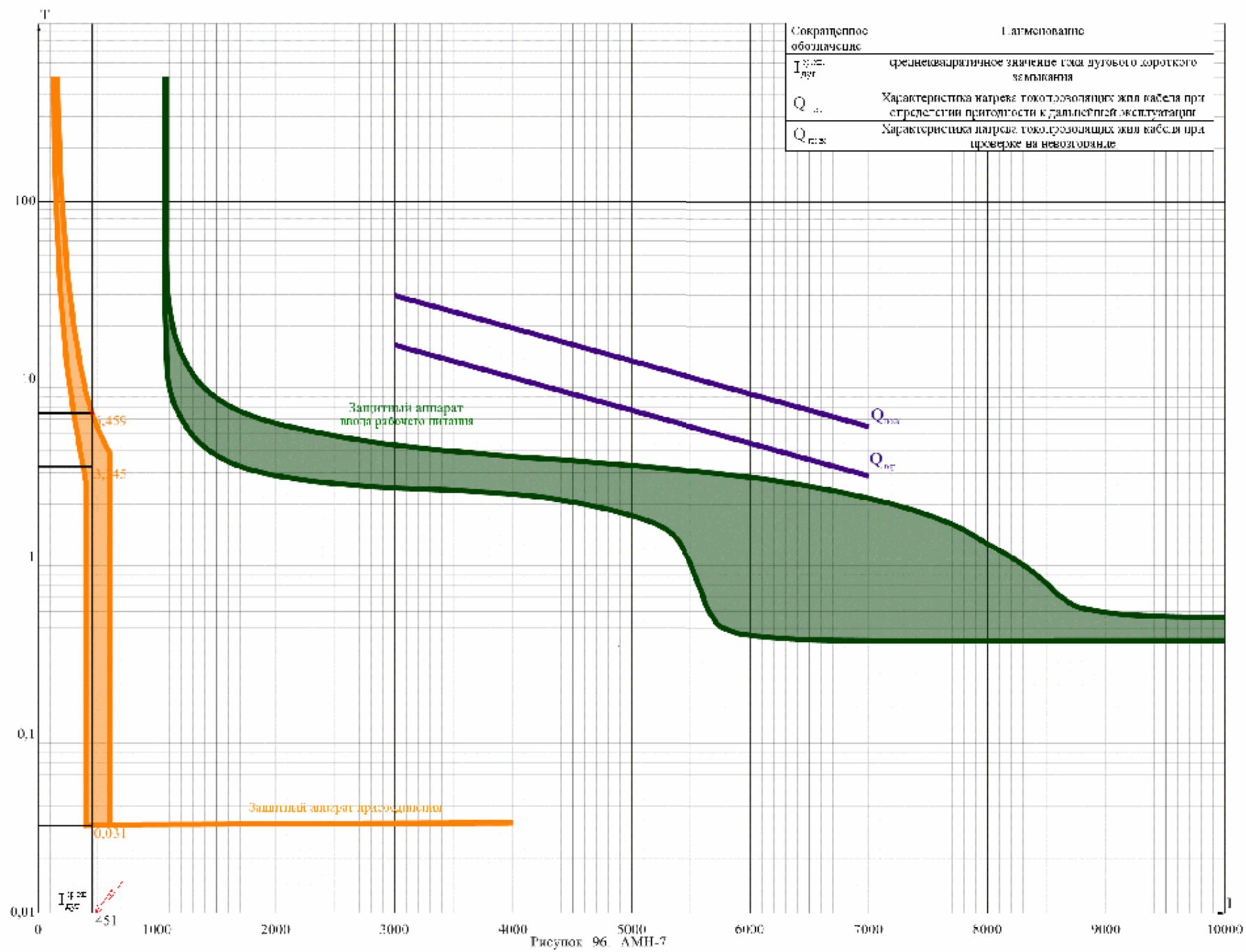












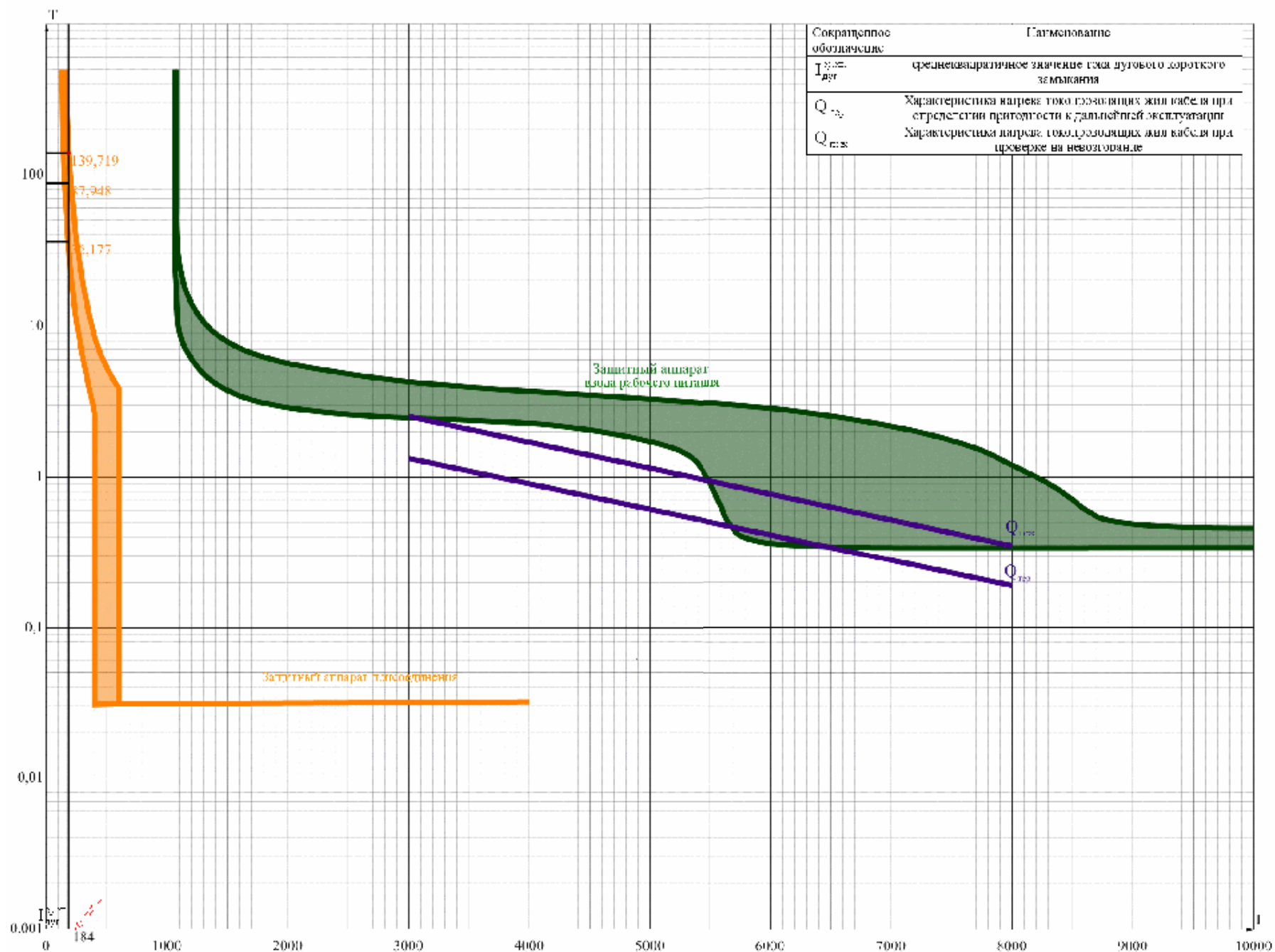


Рисунок 97. АМН-8

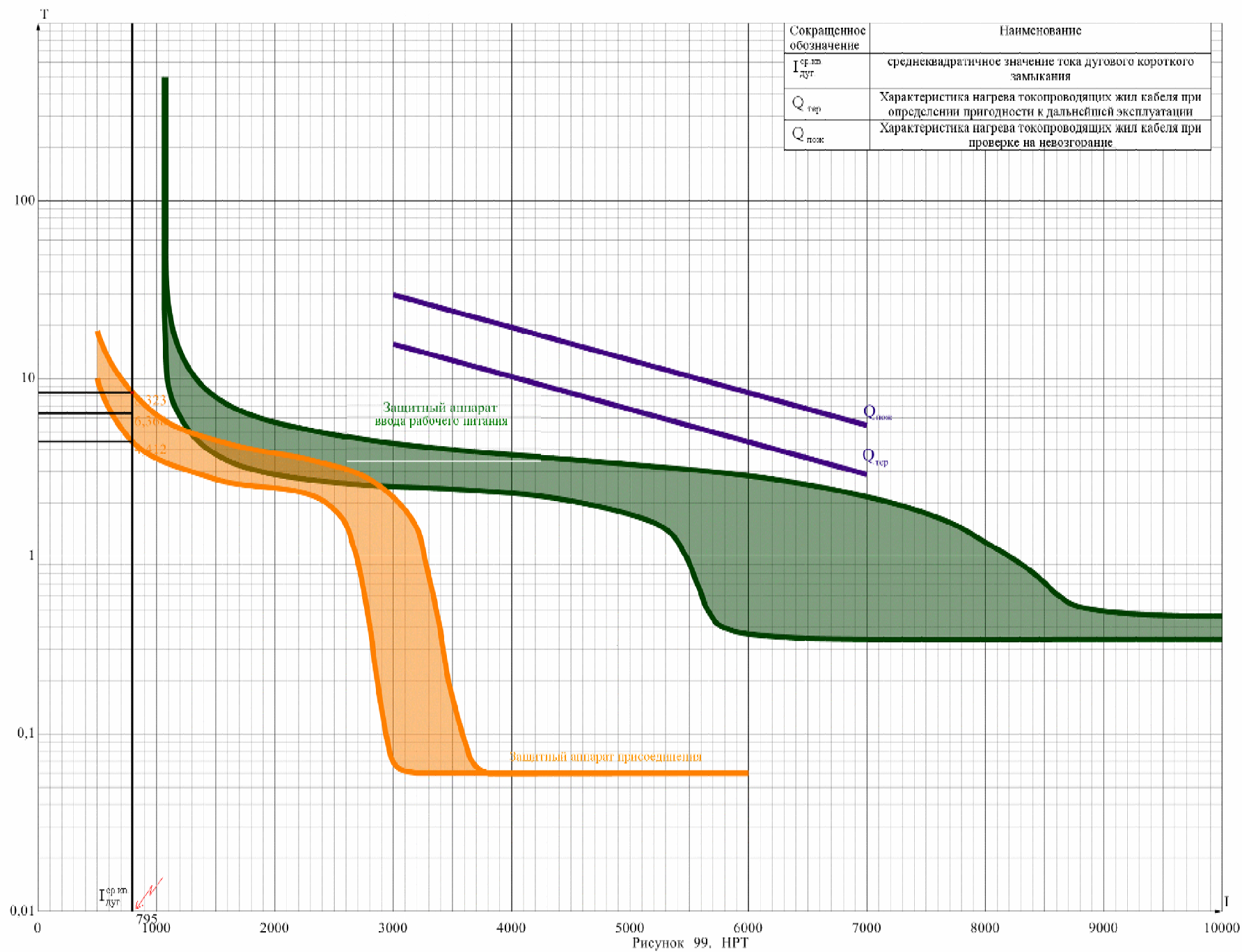
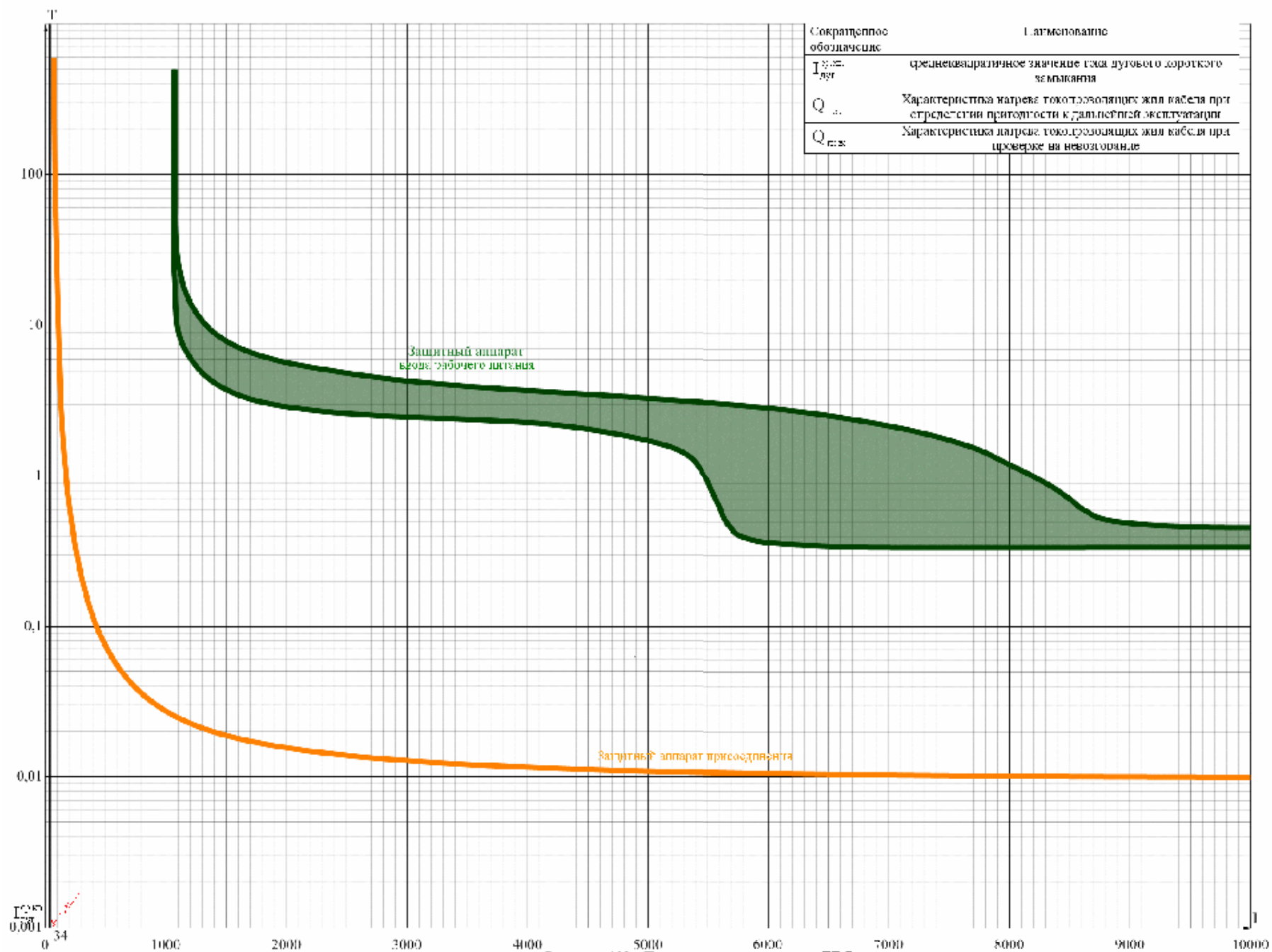


Рисунок 99. НРТ



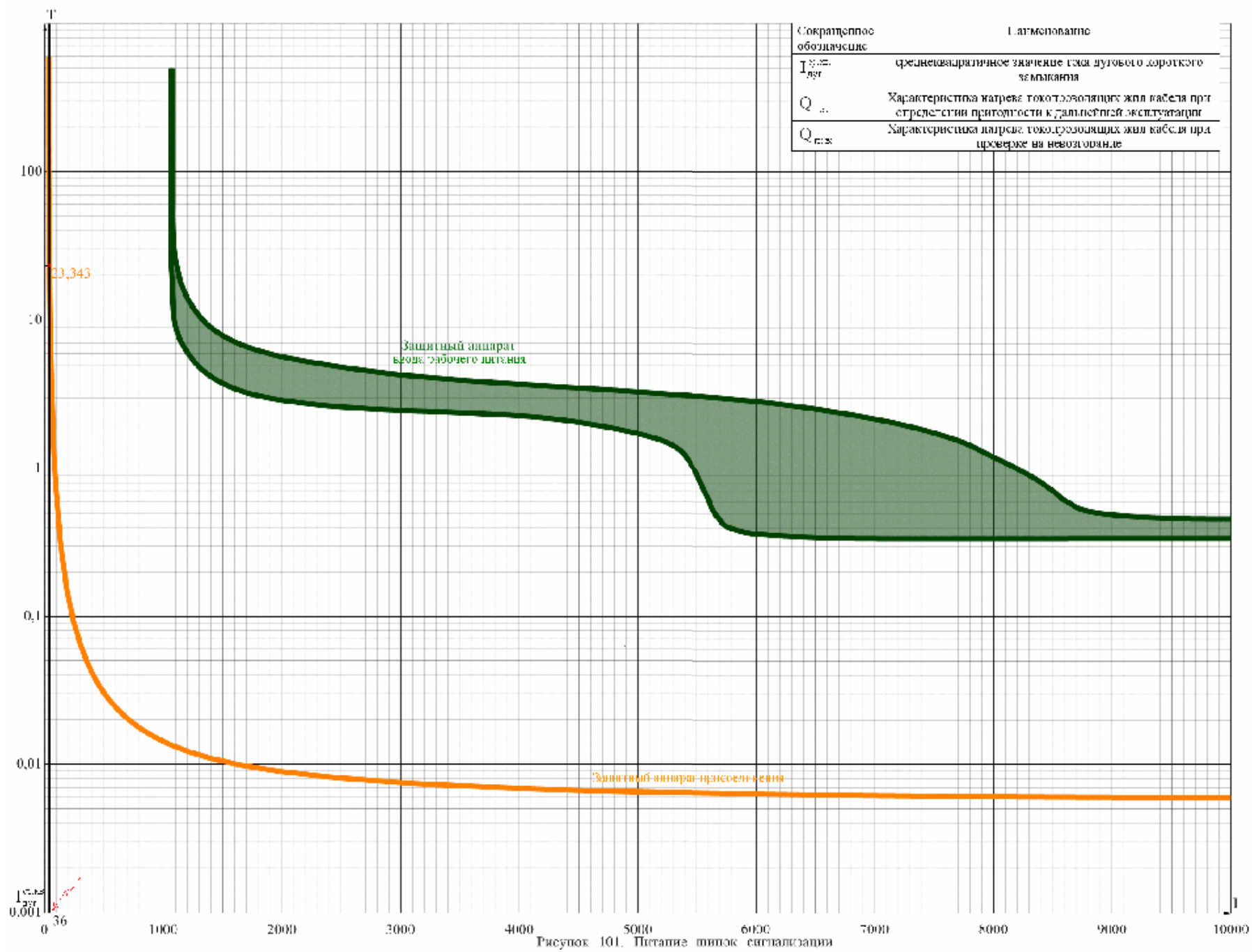
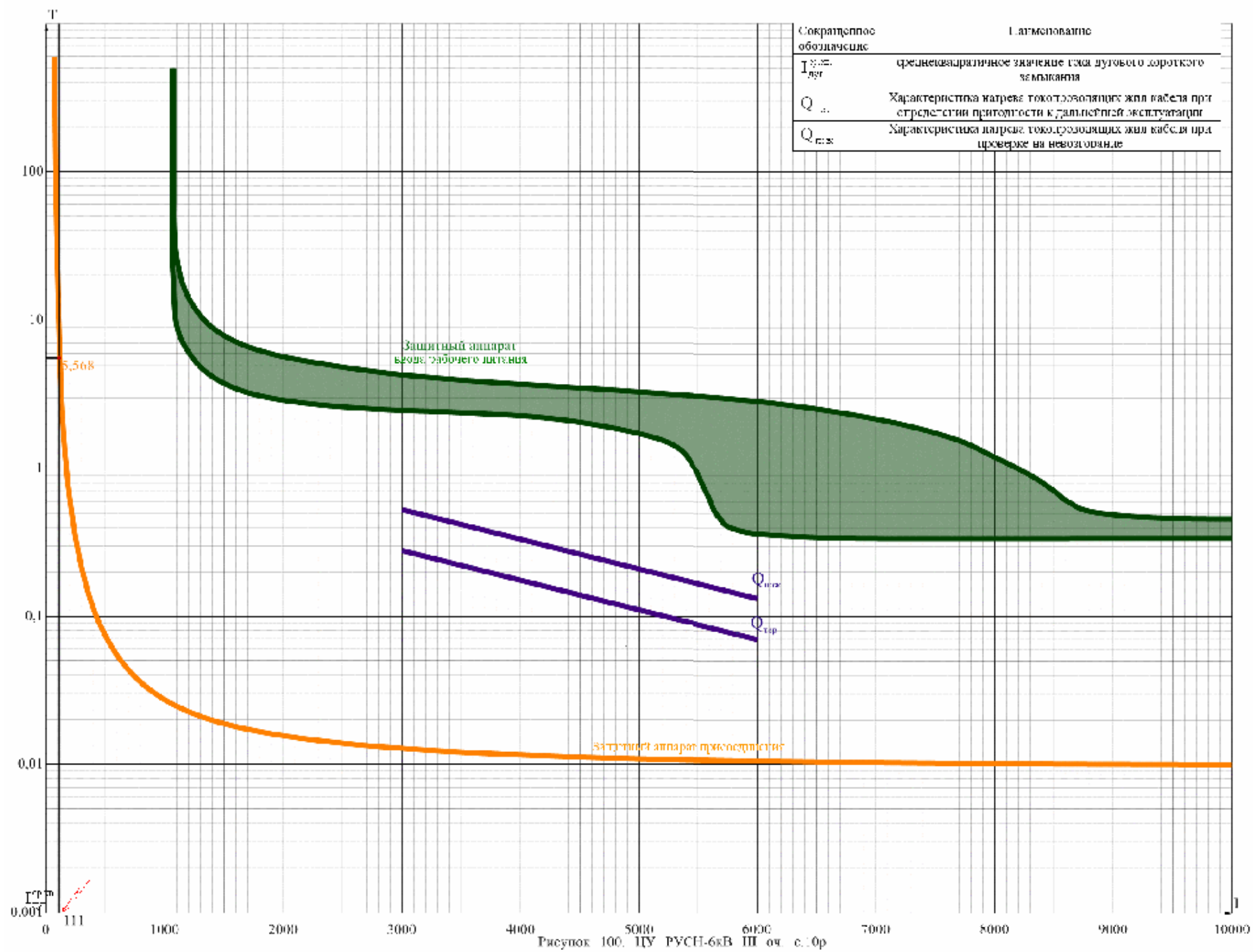


Рисунок 101. Питание шлюз сигнализации



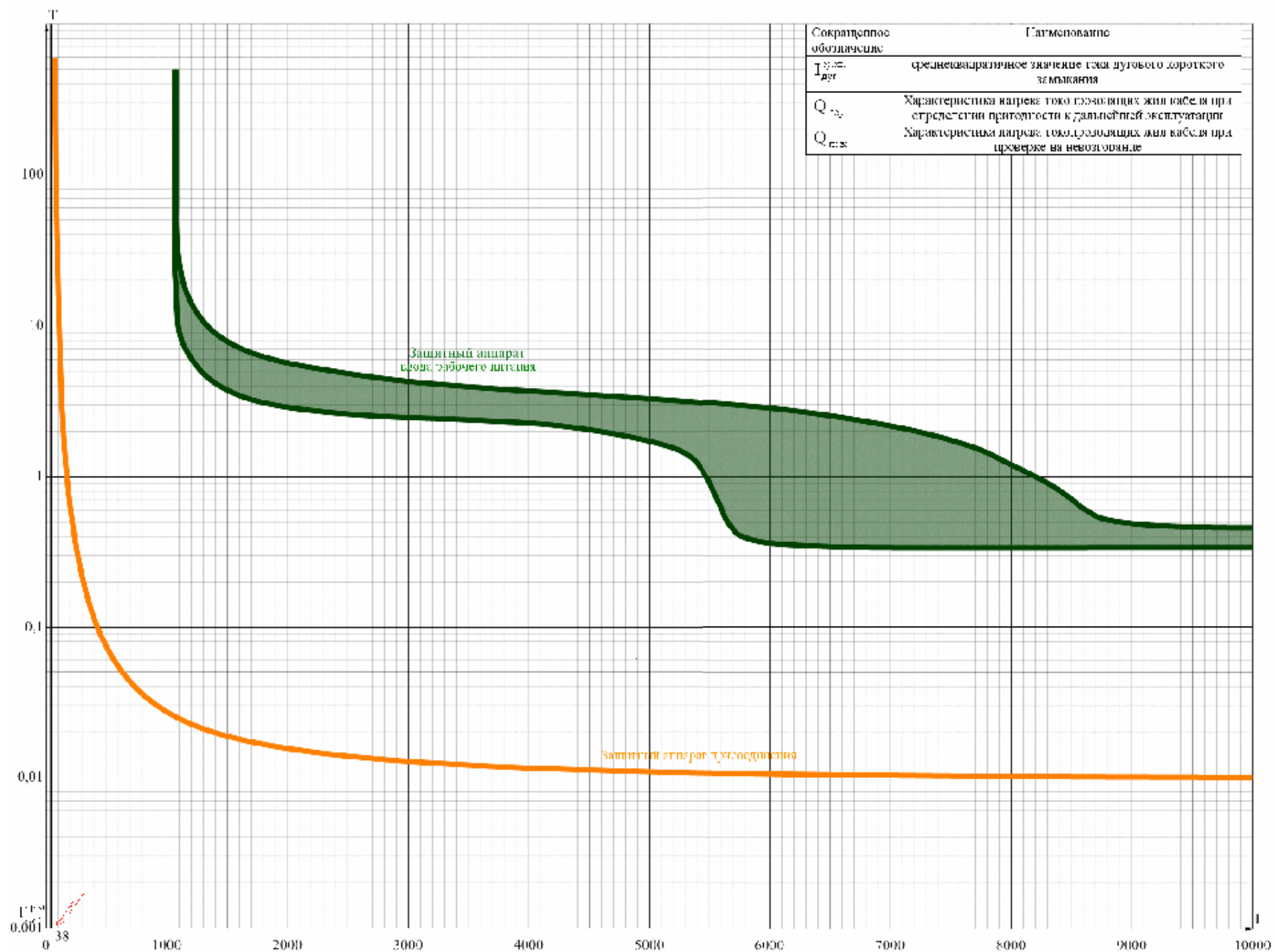


Рисунок 103. ЦУ РУСН-Поч. Шкаф №1

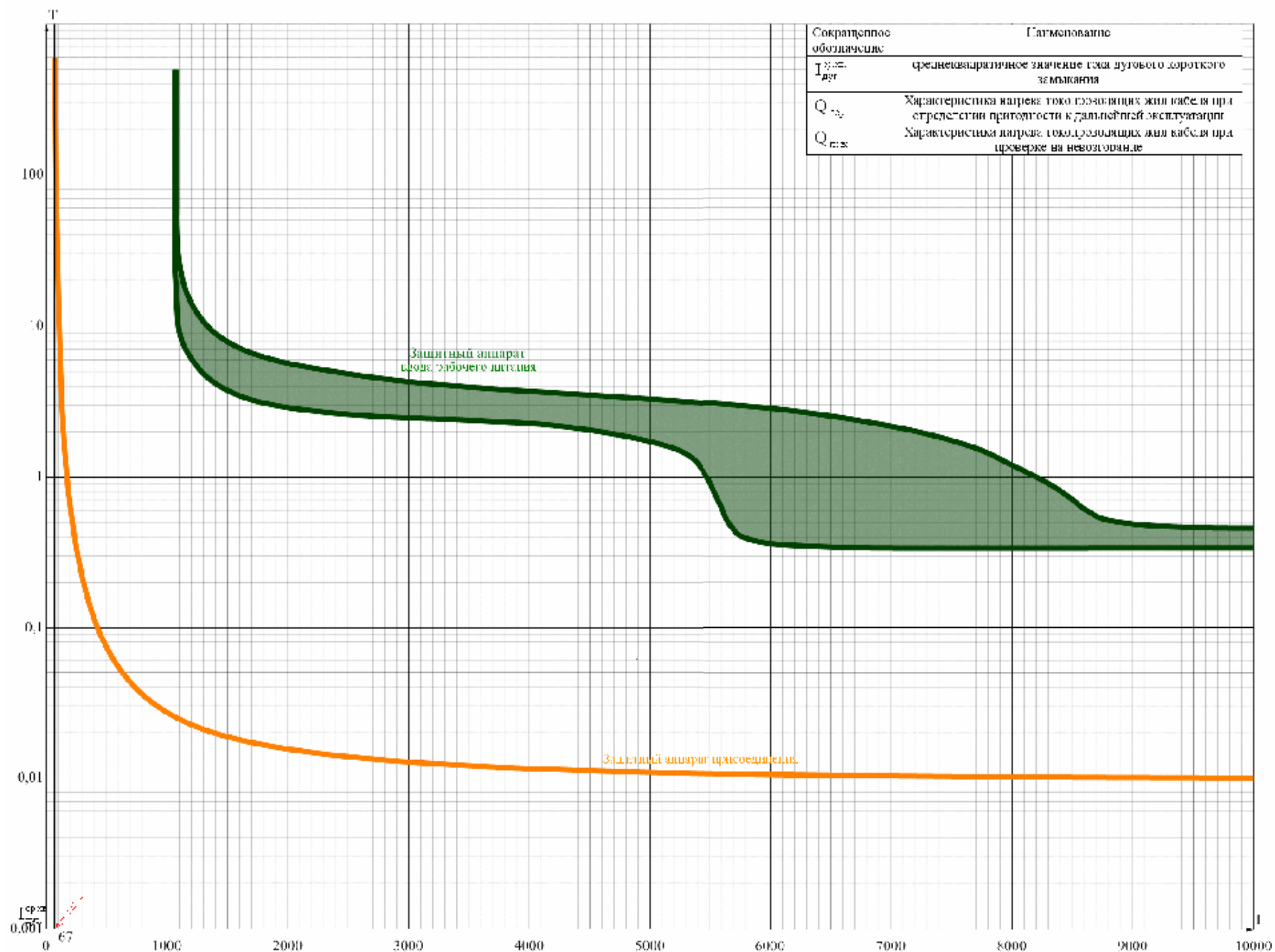


Рисунок 104. ЦУ ТРУ-2

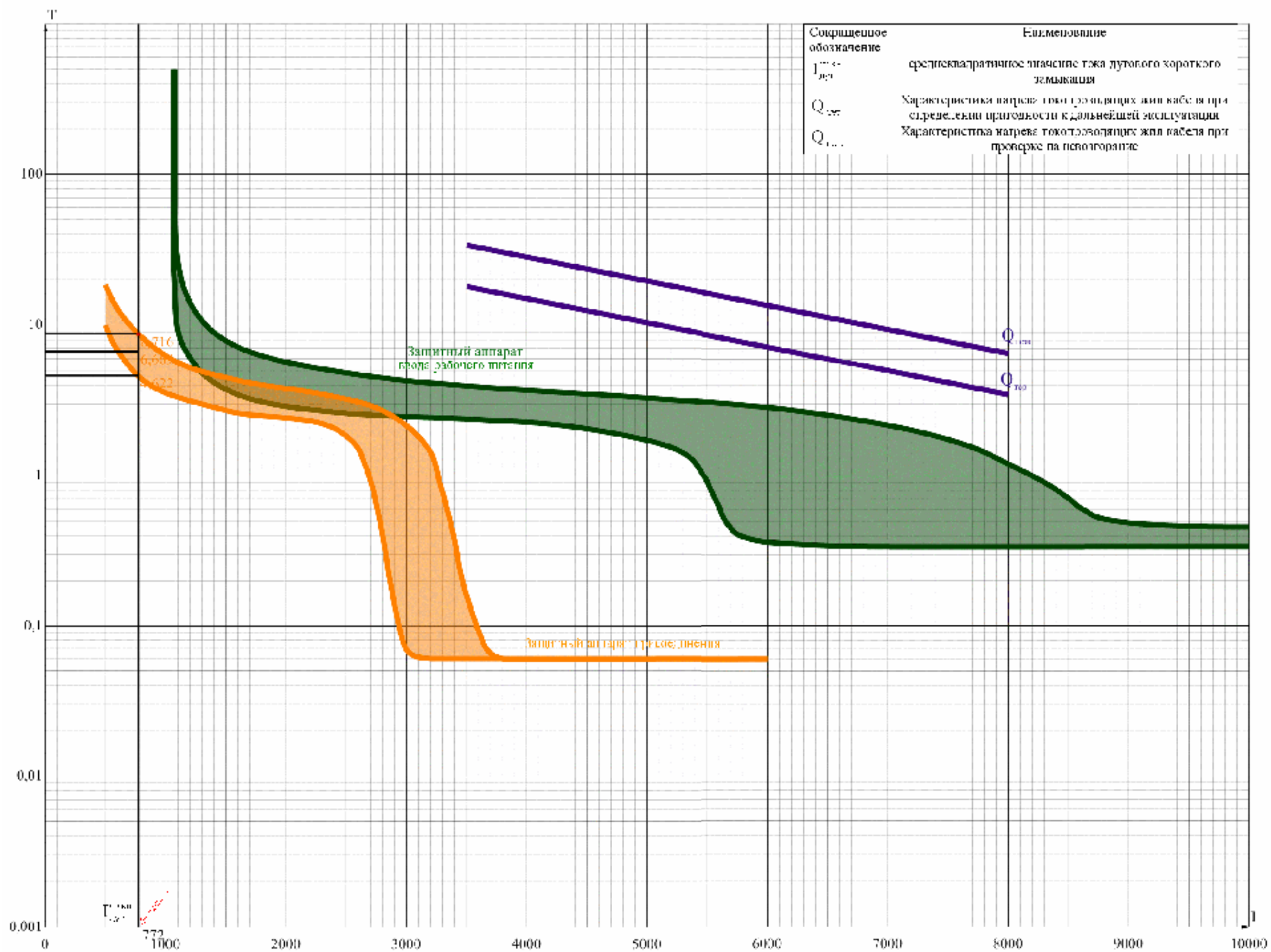


Рисунок 105. ЗМГ

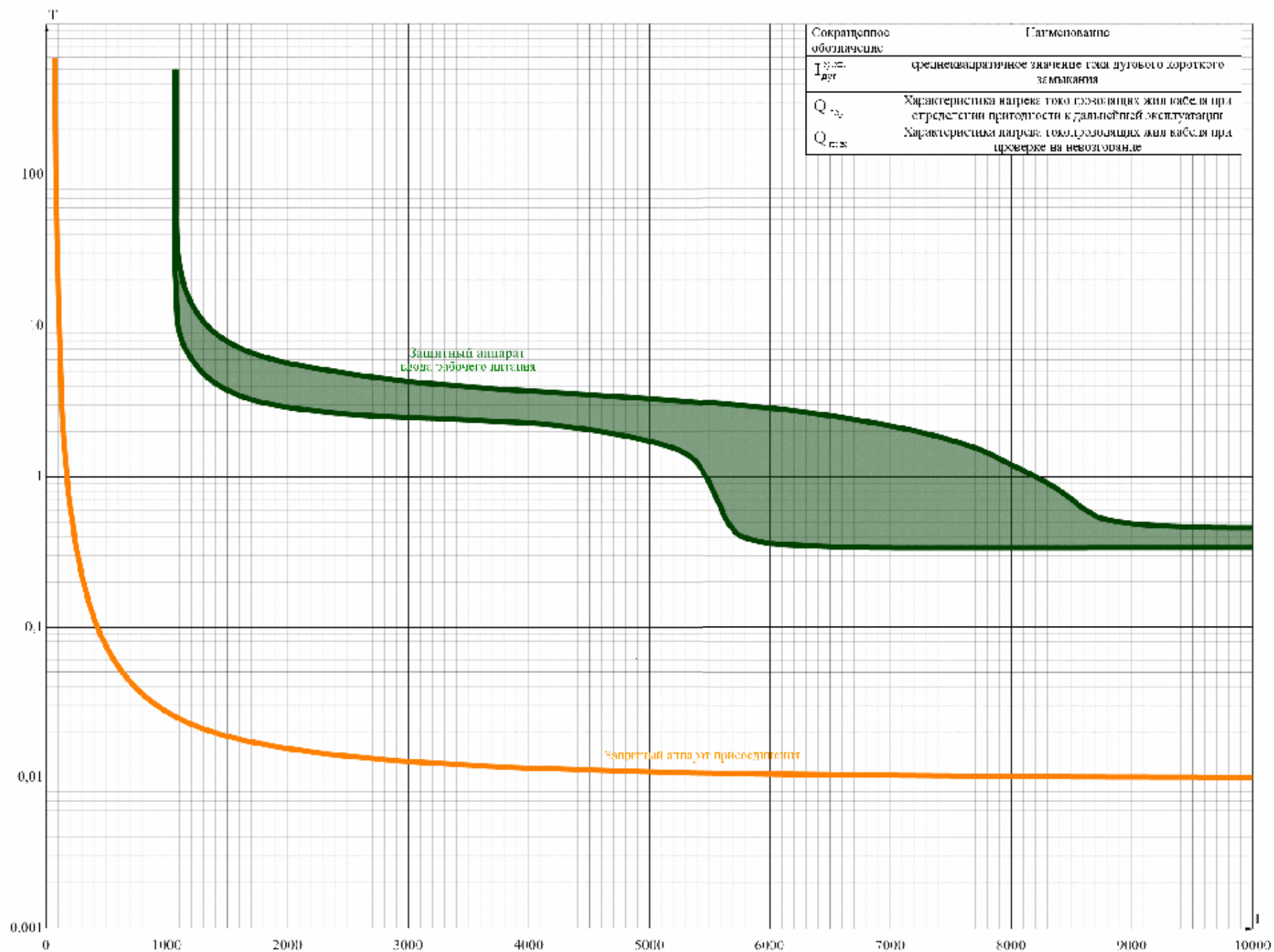


Рисунок 107. Панель датчиков и реле TT-7

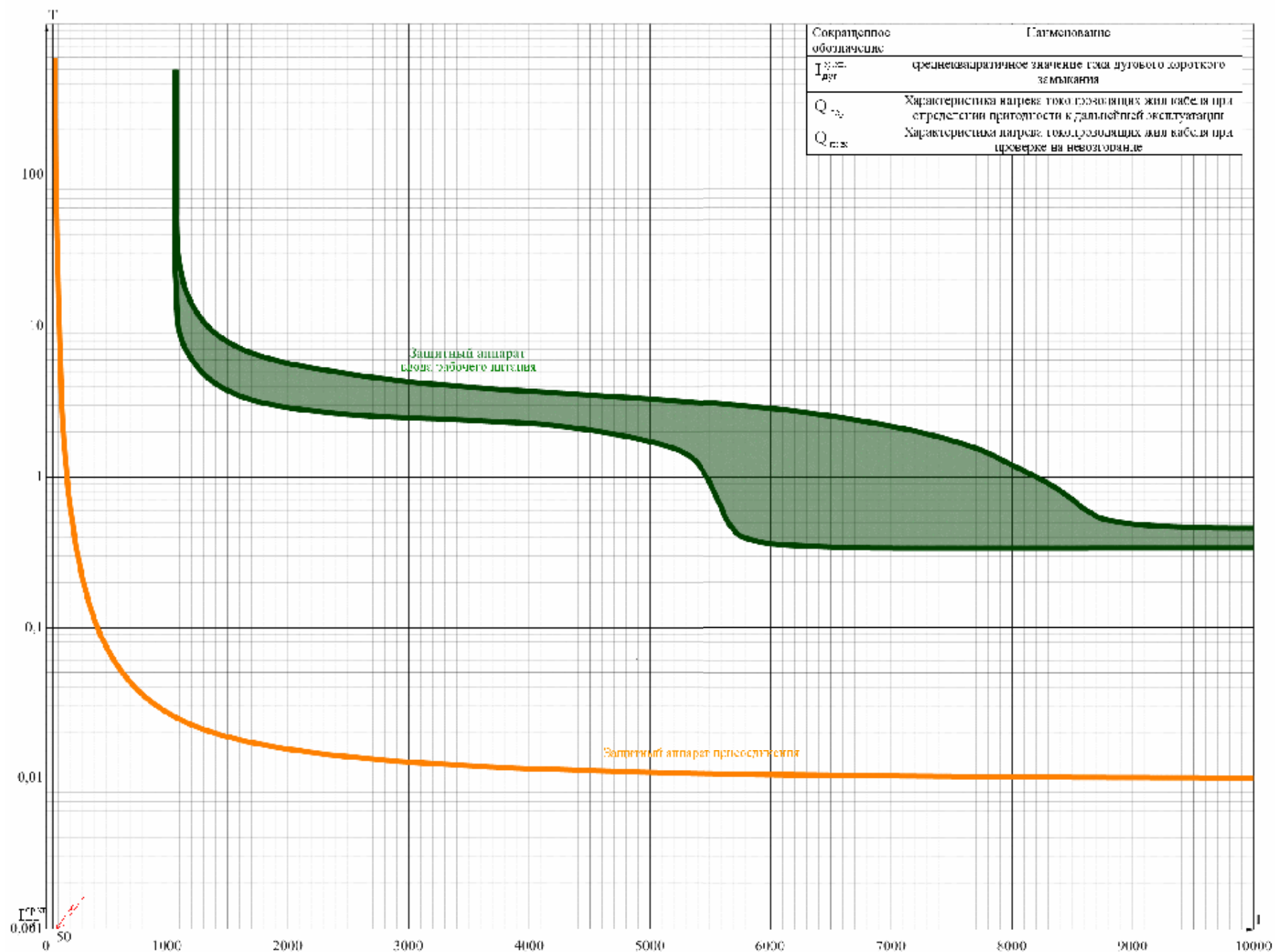


Рисунок 109. Цепи управления ТРУ-2

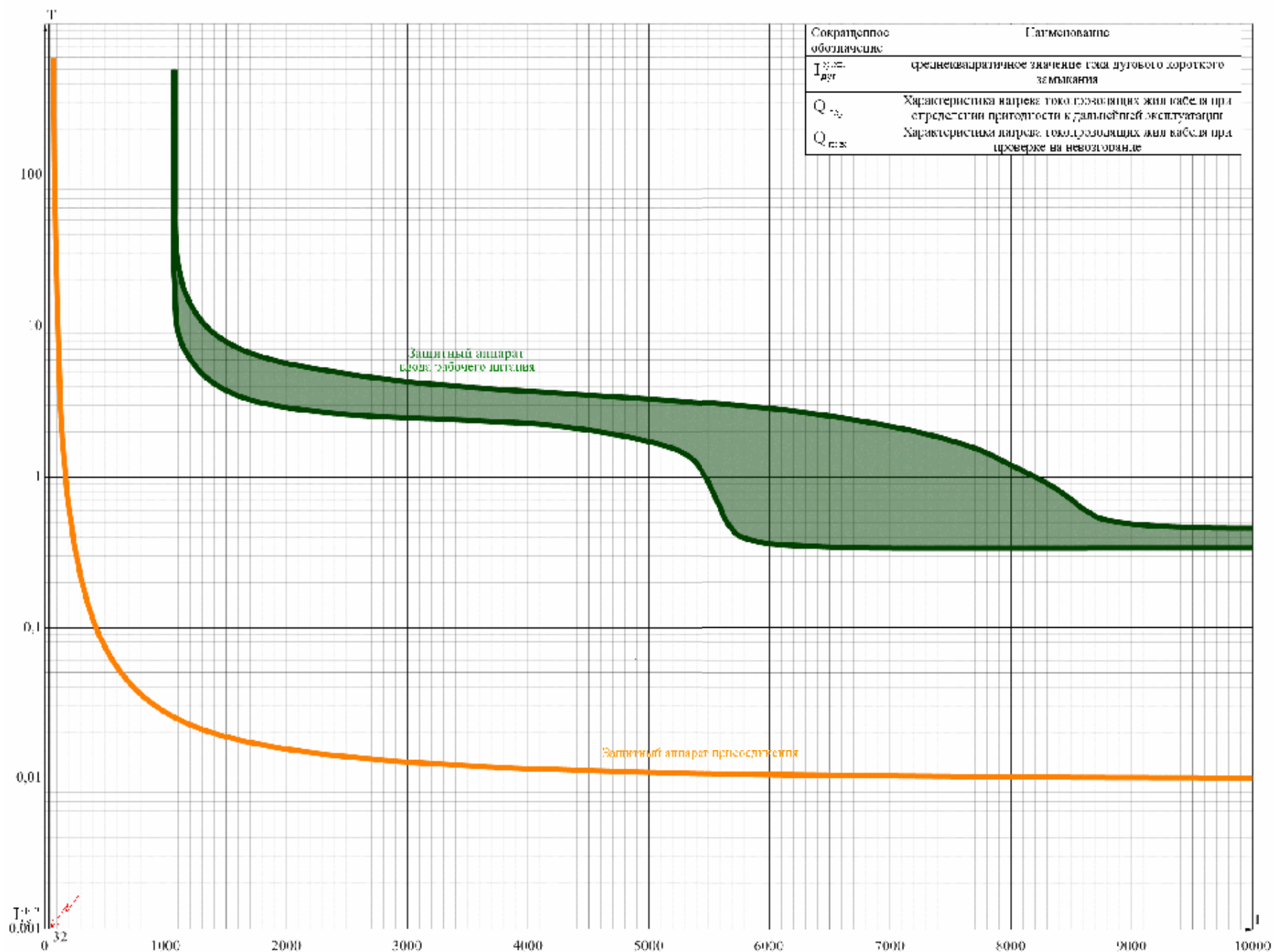


Рисунок 108. Цепи упр. РУСН-Поч. III-9Н 3.11

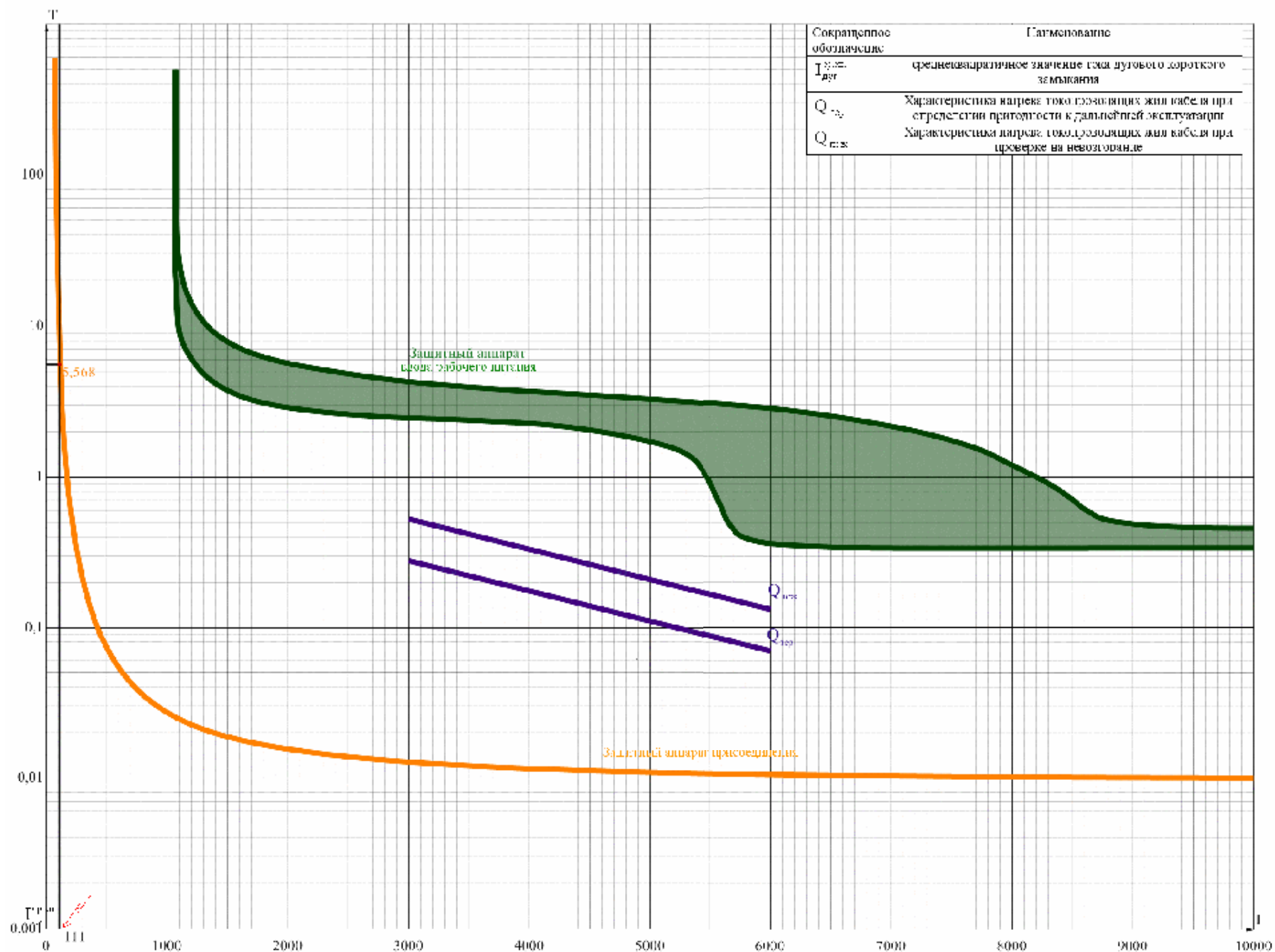
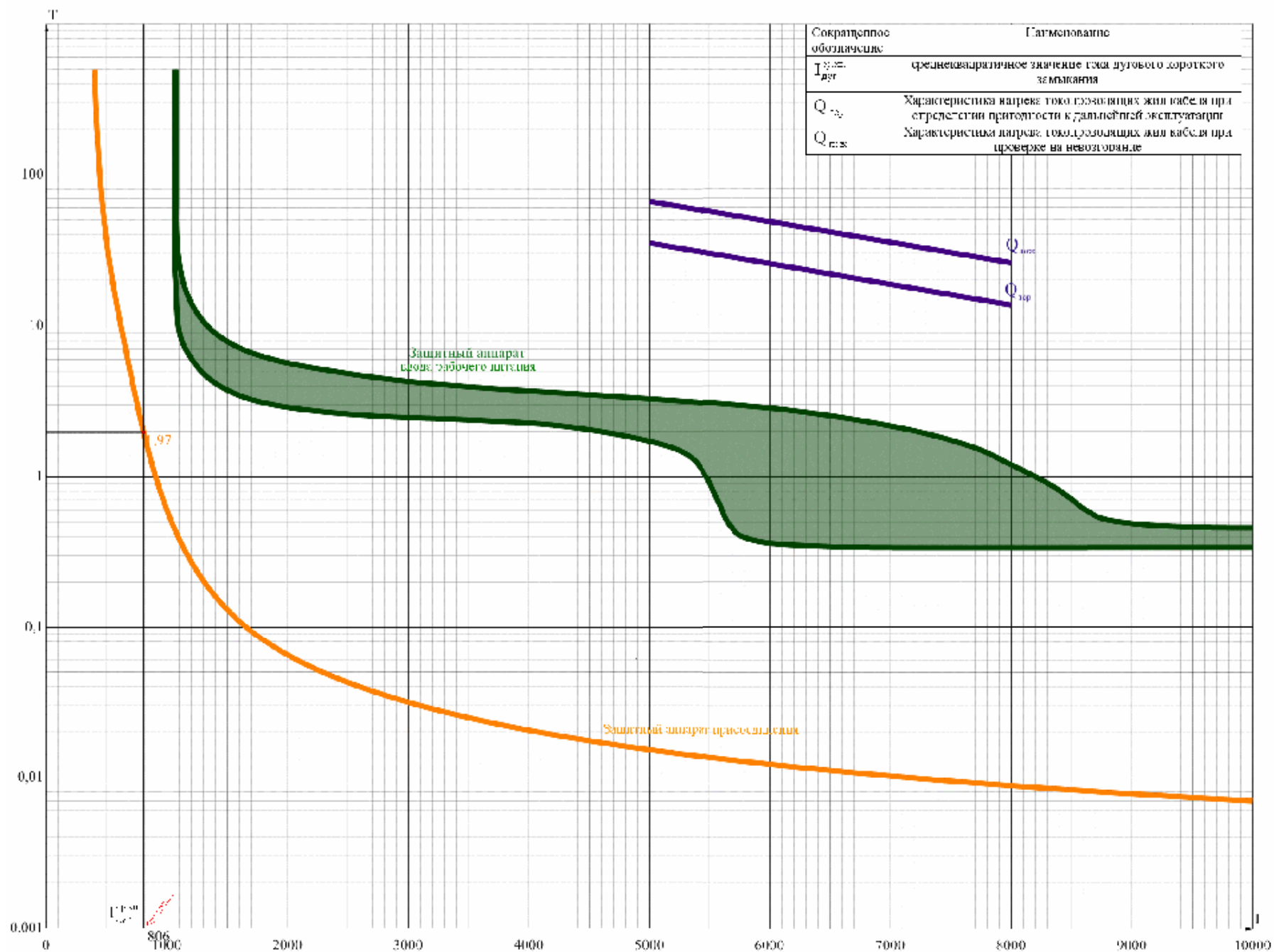


Рисунок 106. ЦУ РУСН-6кВ Шот. с.10р



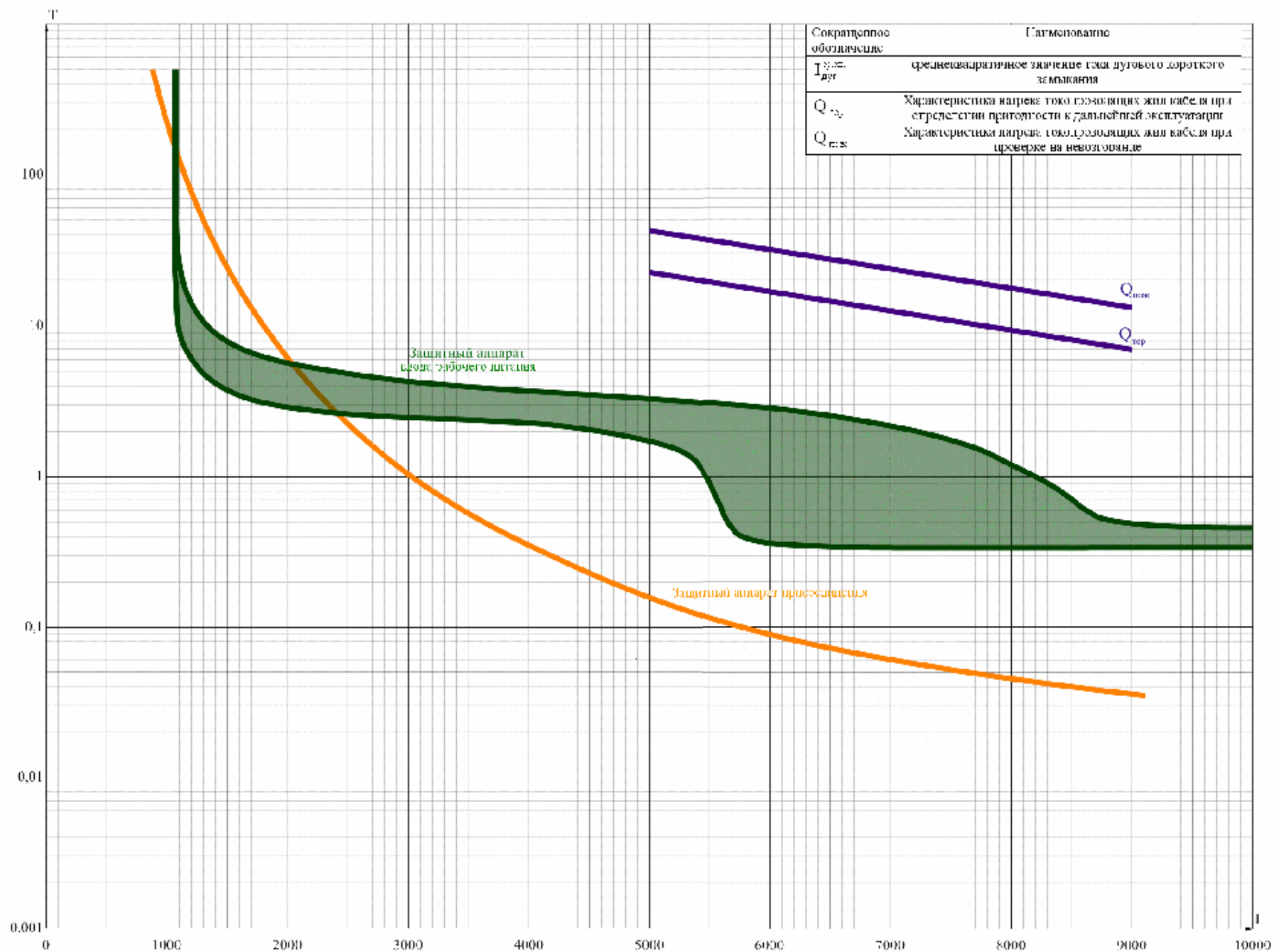


Рисунок 111. Резервное питание от ЦДПТ-1 п.1

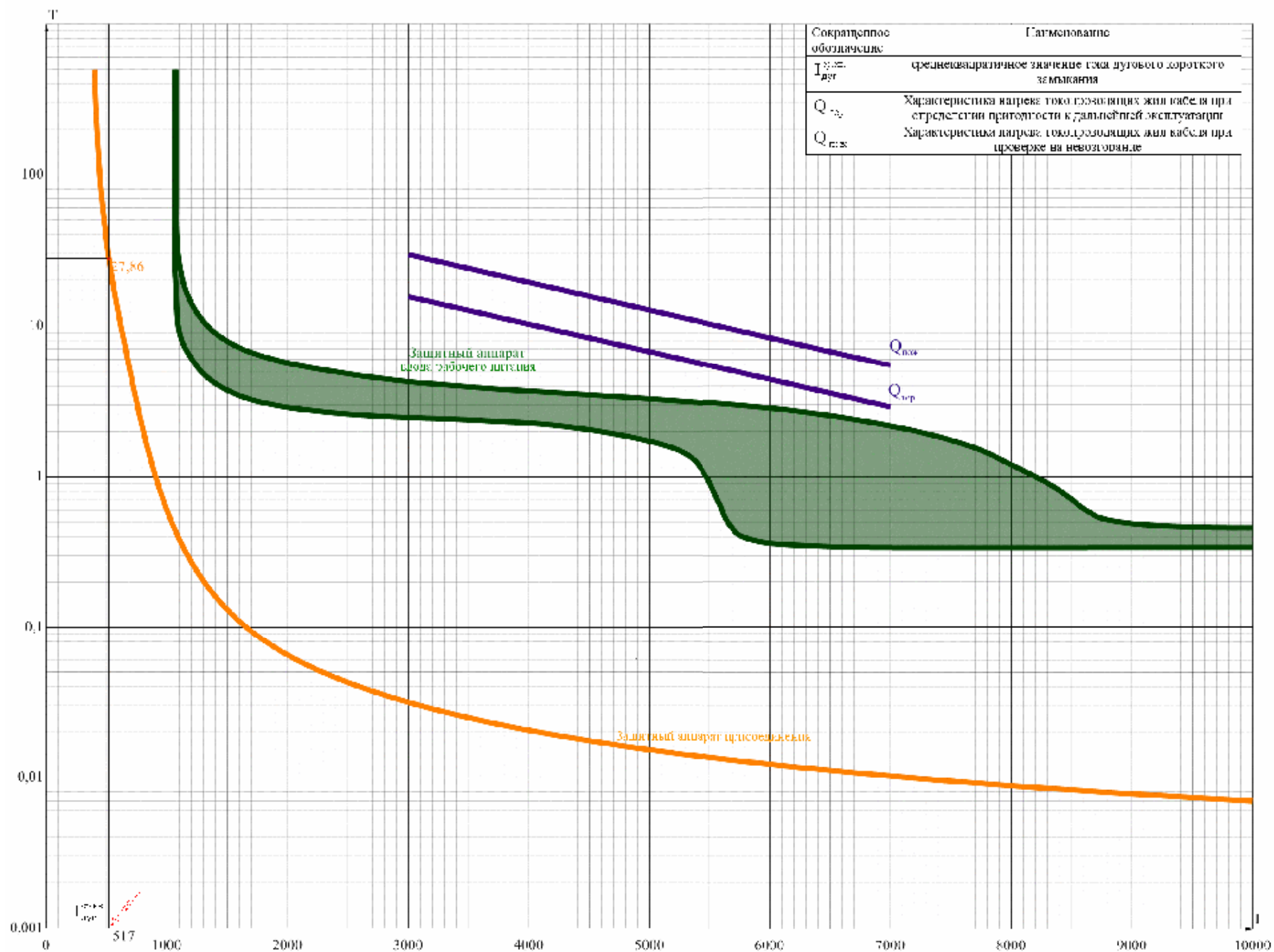


Рисунок 114.СВ МЗ-10кВ ТТ-8



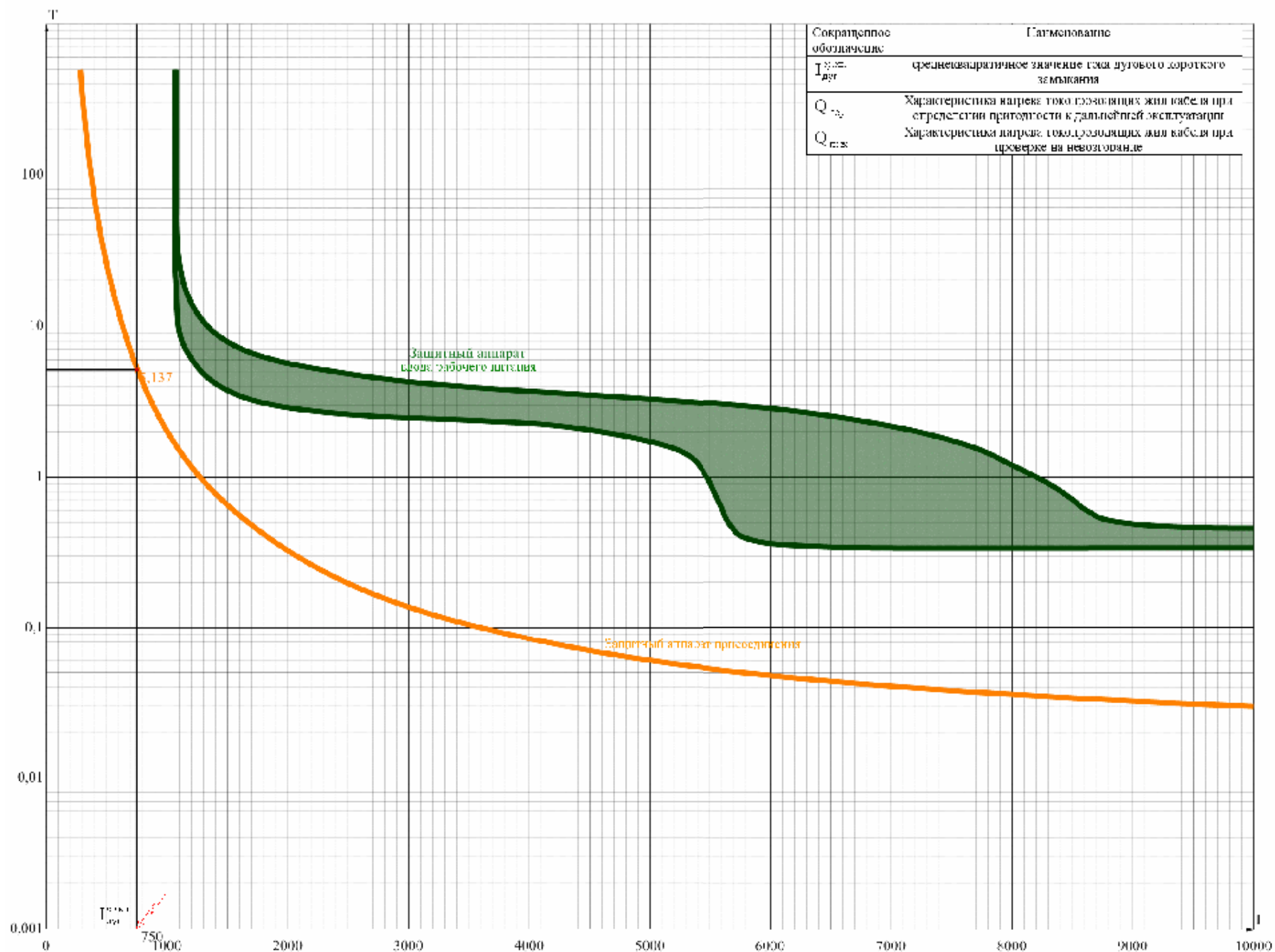


Рисунок 112.СВ ОРУ-110кВ ат.31-15

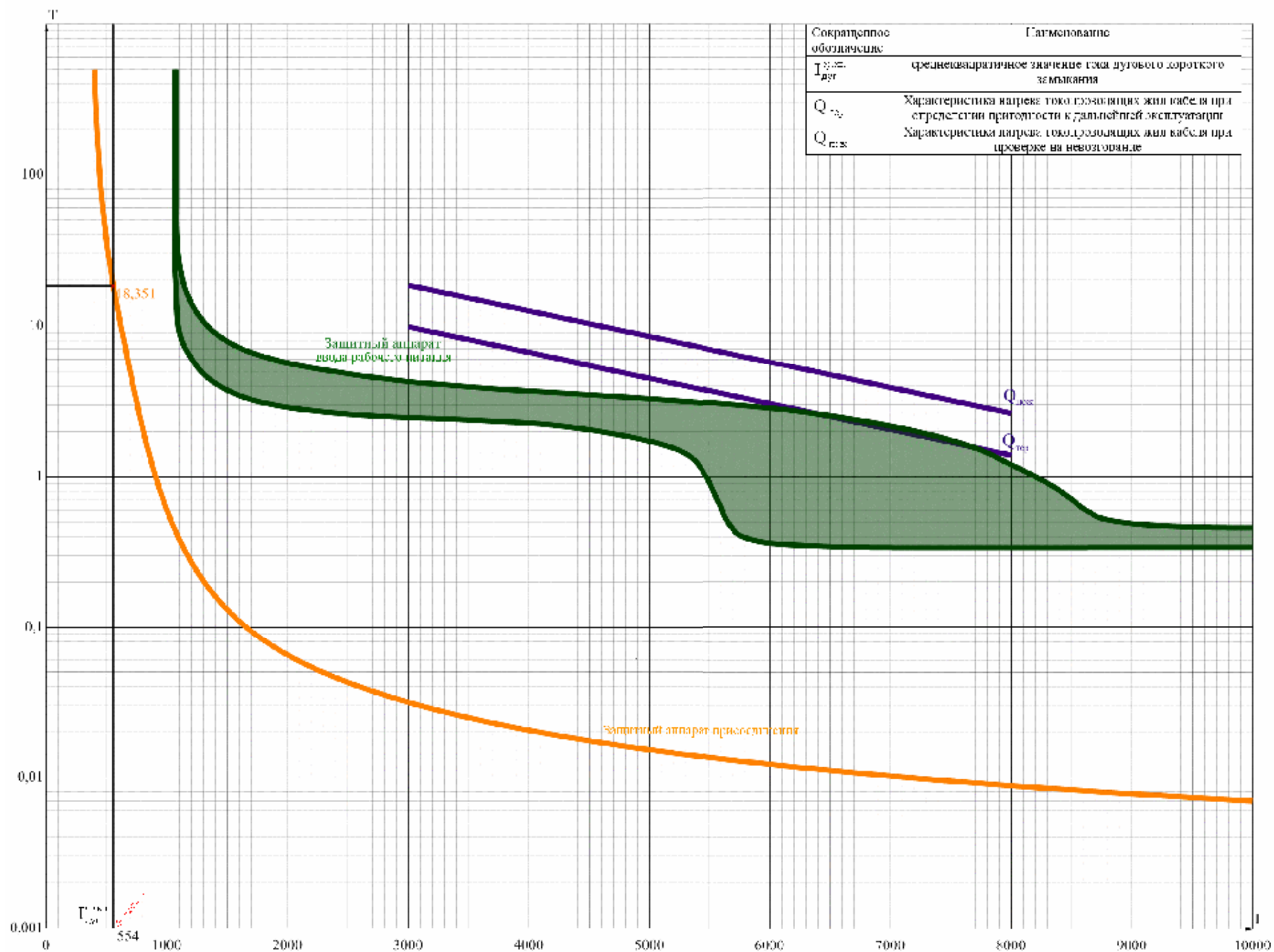


Рисунок 115.СВ ТРУ-2

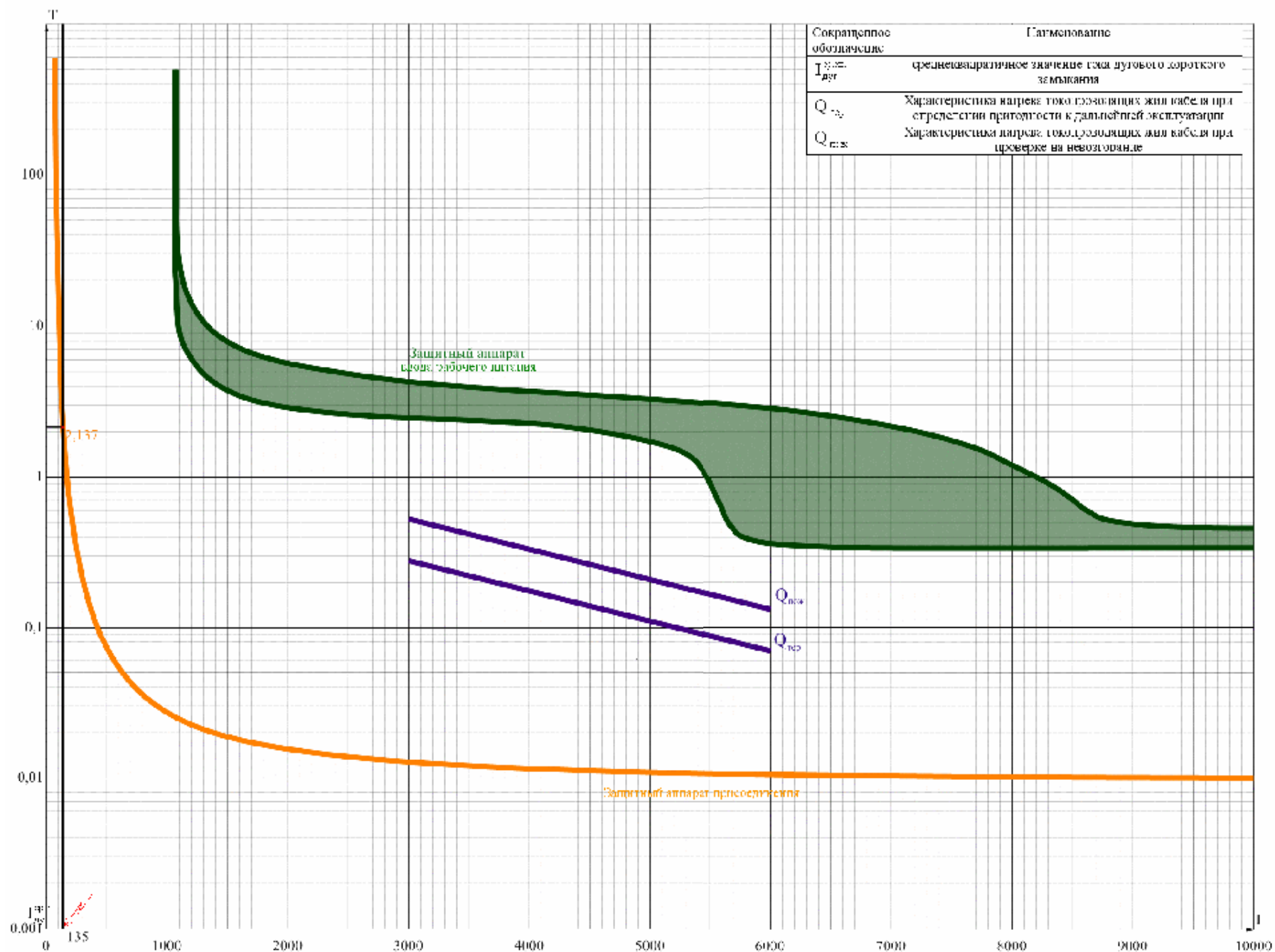
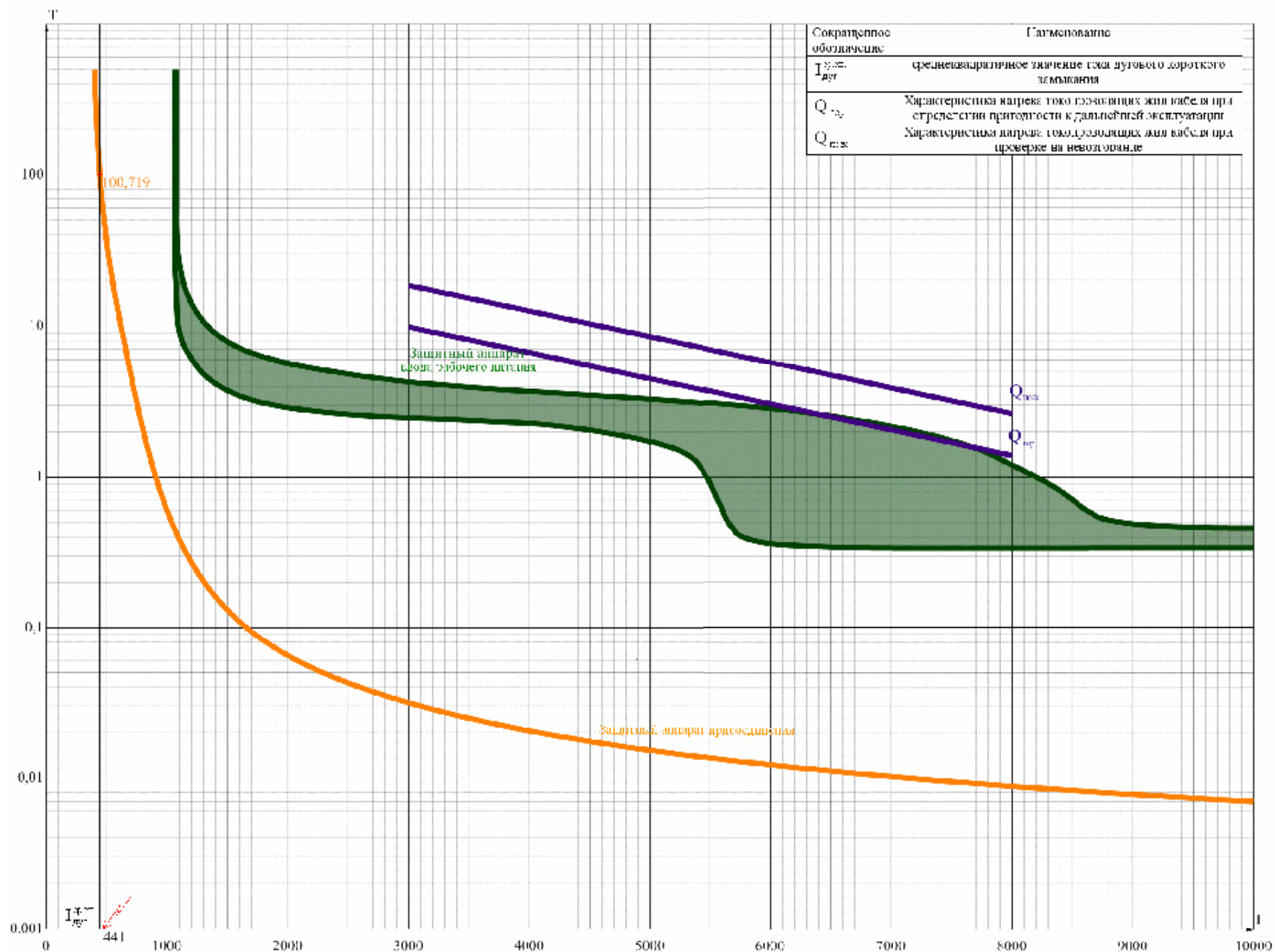


Рисунок 119. Цепи защиты ГрПУ-5 п.2-220



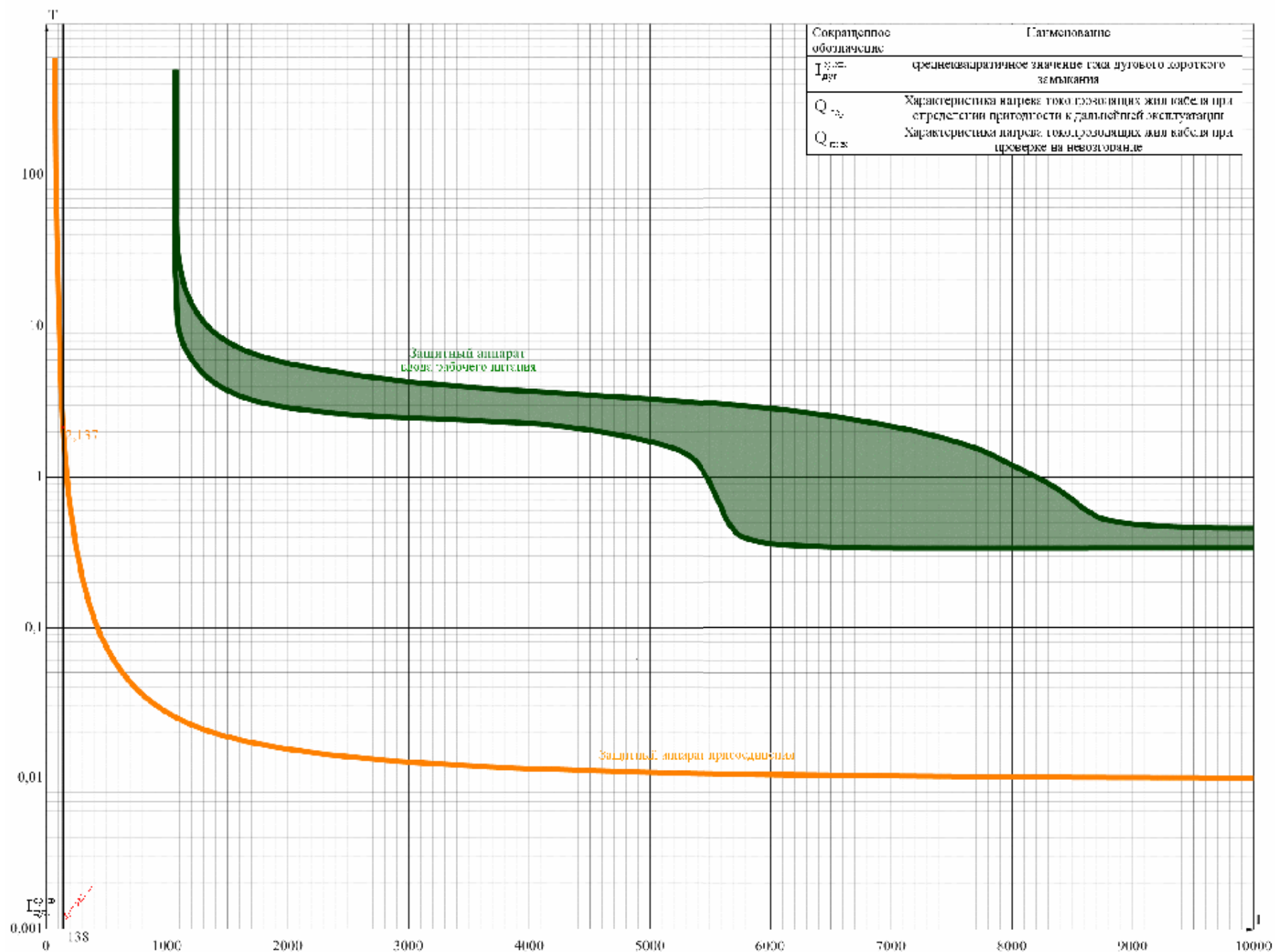
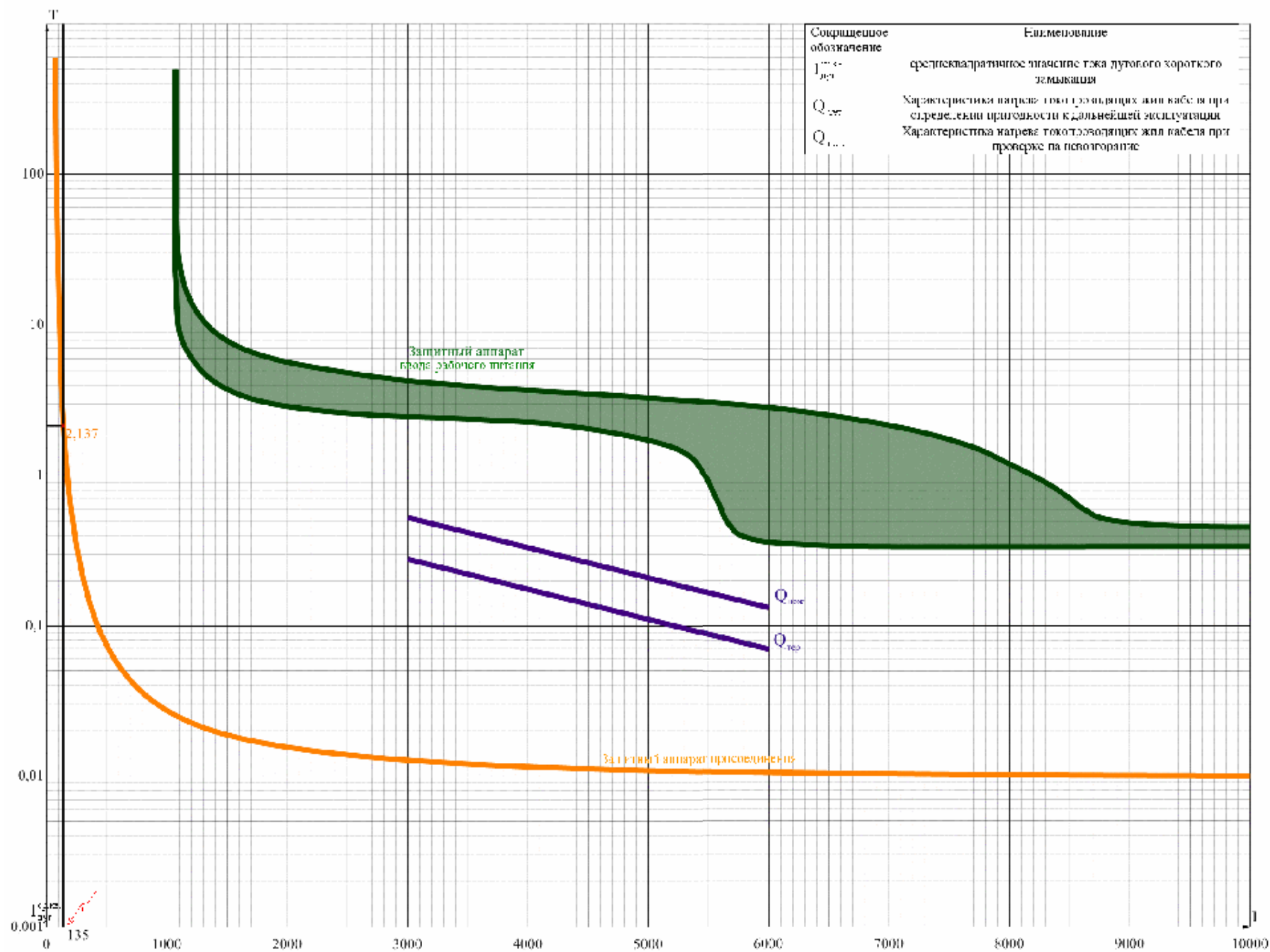


Рисунок 123. Цепи сигнализации Ион. п.68Р



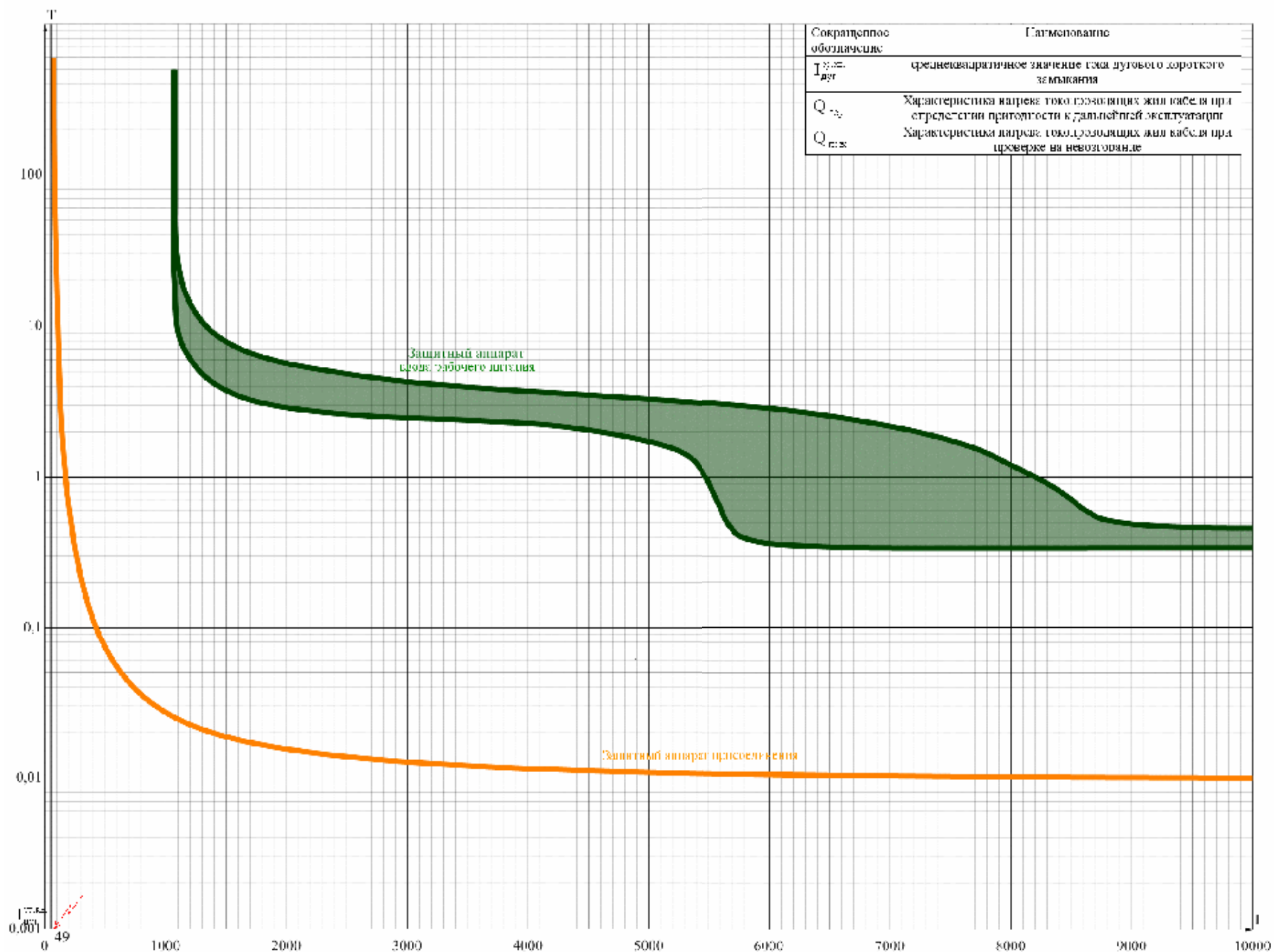


Рисунок 121. Питание ШС ГРУ-4 п.51

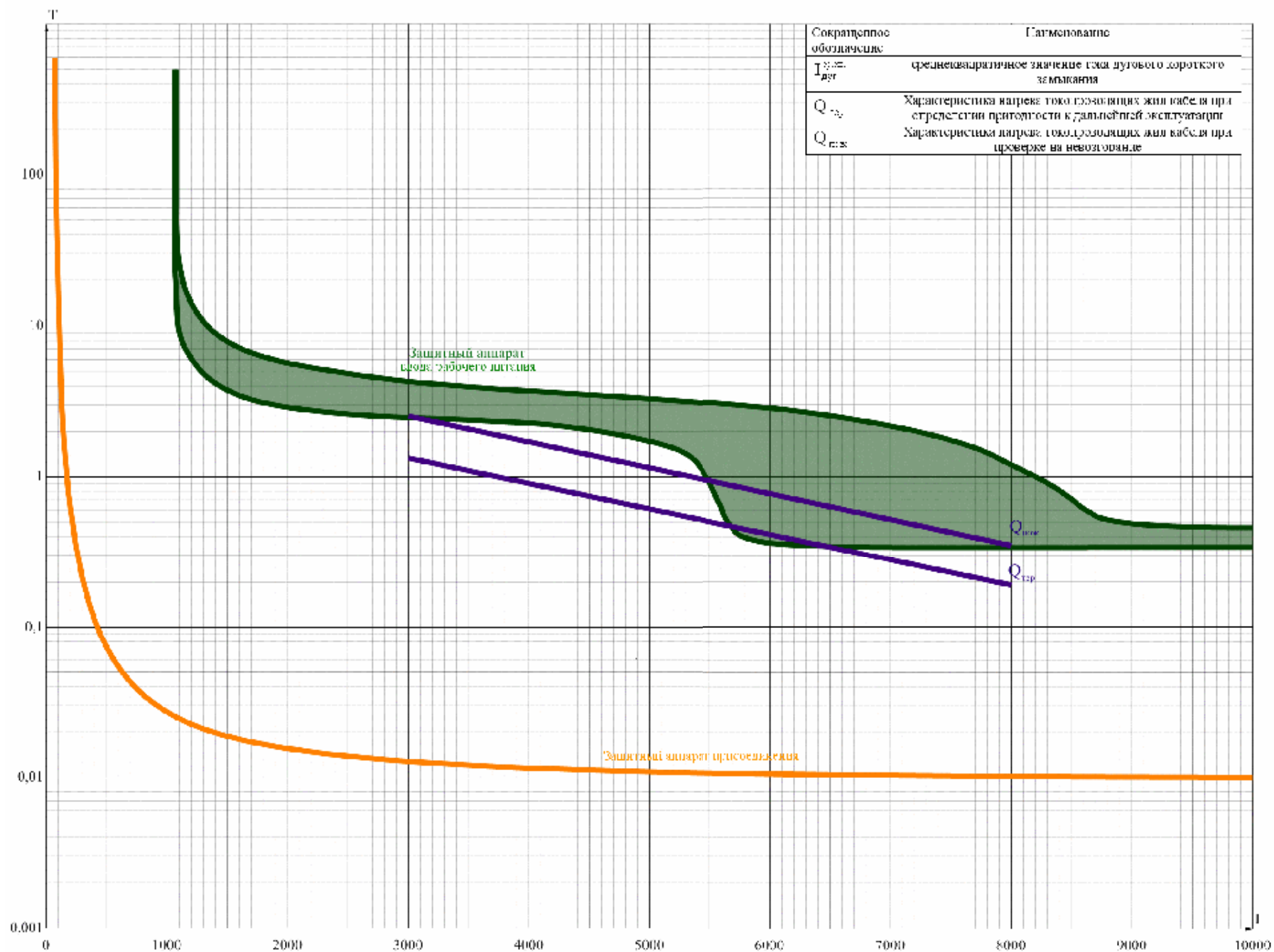
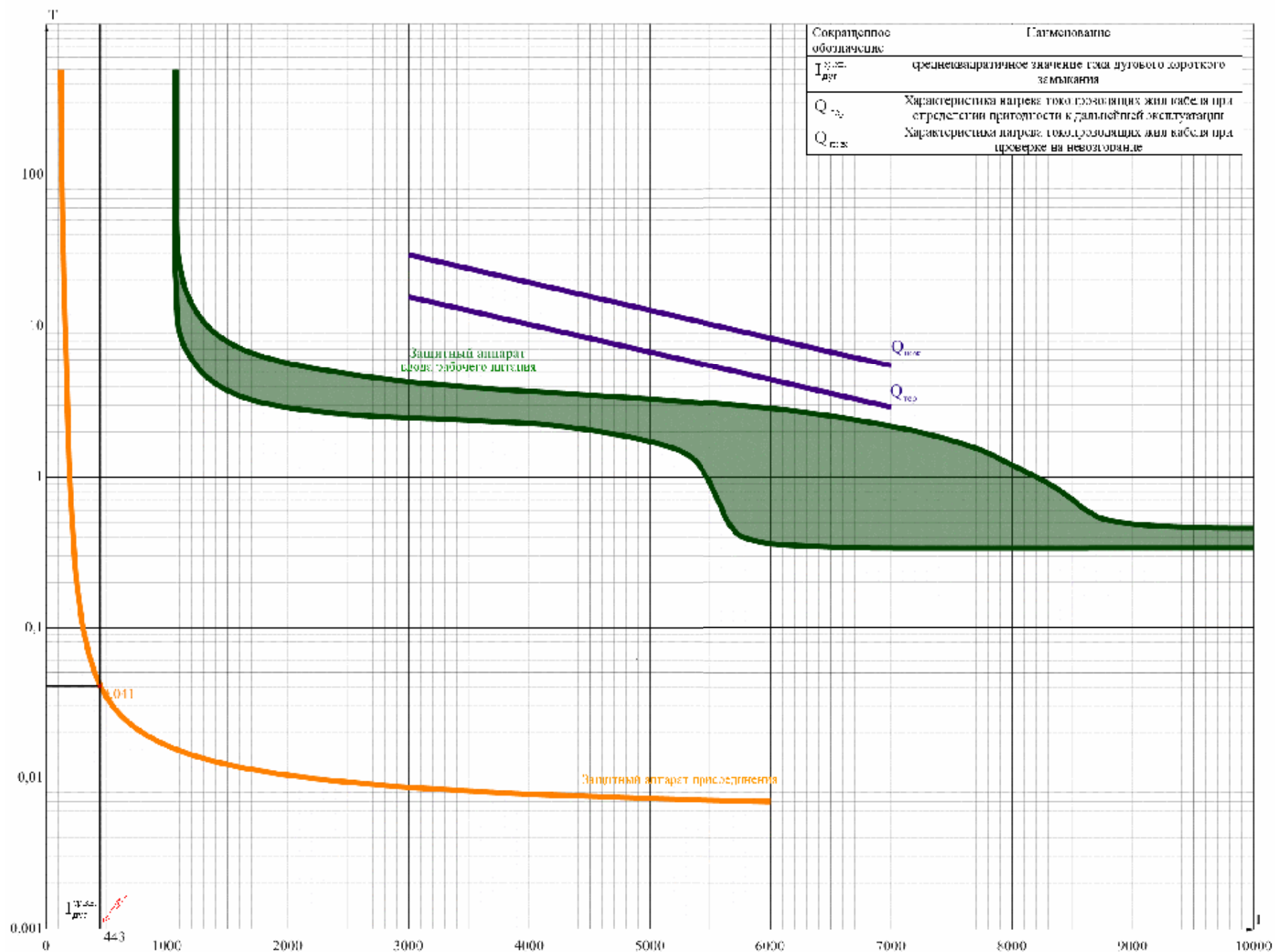


Рисунок 122. Релейный щит ОРУ-110кВ



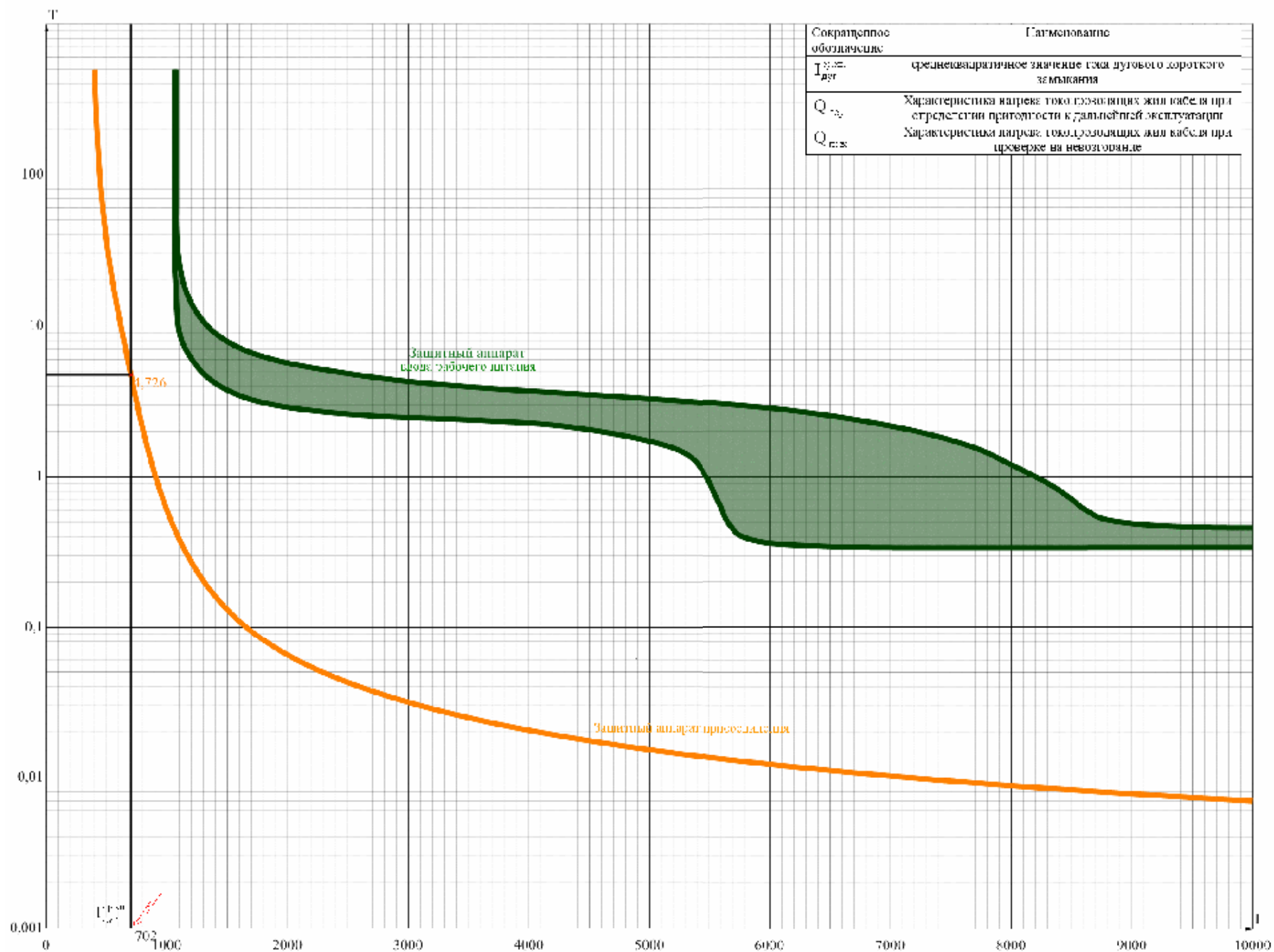


Рисунок 117. СВ С-10Р

## Характеристики аккумуляторных батарей системы постоянного тока.

Таблица 1

№ АБ	Тип аккумуляторной батареи	Емкость С <sub>10</sub> , А/ч	Количество рабочих элементов	Общее количество элементов	Год ввода в эксплуатацию
1	СК-28	1008	106	124	1968
2	СК-20	720	106	128	1971
3	100PzS-1000	1000	104	130	2007

## Характеристики электродвигателей постоянного тока аварийных маслонасосов смазки турбин и уплотнения вала генераторов № 1-8.

Таблица 2

№ ТГ	Маркировка	Тип	Рном, кВт	Ином, А	Ипуск, А	Кп, о.е.
1	АМН ТГ-1	П-62	14	73	180	2,5
	АМНУ ТГ-1	ПНВ-45	7	37,5	264,3	<b>7,0</b>
2	АМН ТГ-2	П-62	14	73	283,8	3,9
	АМНУ ТГ-2	ПНВ-45	7	37,5	373,6	<b>10</b>
3	АМН ТГ-3	ПН-145	21	109	195,6	1,8
	АМНУ ТГ-3	П-40М	6,1	35	225	<b>6,4</b>
4	АМН ТГ-4	П-62	14	73	201	2,8
	АМНУ ТГ-4	П-40М	6,1	35	144,7	<b>4,1</b>
5	АМН ТГ-5	П-62	14	73	177,6	2,4
	АМНУ ТГ-5	П-40М	6,1	35	247,5	<b>7,1</b>
6	АМН ТГ-6	П-62	14	73	189	2,6
	АМНУ ТГ-6	П-40М	6,1	35	214,5	<b>6,1</b>
7	АМН ТГ-7	П-62	14	73	190	2,6
	АМНУ ТГ-7	П-62	25	128	1377	<b>10,7</b>
8	АМН ТГ-8	П-62	14	73	121,6	1,6
	АМНУ ТГ-8	П-71-М	39	207	952,5	<b>4,6</b>

## Результаты проведения опытов коротких замыканий в сети постоянного тока.

Таблица 3

Наименование опыта	U <sub>аб</sub> , В	U <sub>шин</sub> , В	I <sub>кз</sub> , А
Опыт межполюсного КЗ на шинах ЩПТ с Рдоб. при питании от АБ-1	197,2	182,7	862
Опыт межполюсного КЗ на шинах ЩПТ при питании от АБ-1	100,2	26,78	5307
Опыт межполюсного КЗ на шинах ЩПТ с Рдоб. при питании от АБ-2	192,8	179	856
Опыт межполюсного КЗ на шинах ЩПТ при питании от АБ-2	77,14	13,28	5052
Опыт межполюсного КЗ на шинах ЩПТ с Рдоб. при питании от АБ-3	197	192,4	897
Опыт межполюсного КЗ на шинах ЩПТ при питании от АБ-3	64,42	34,9	6163
Опыт межполюсного КЗ в цепи взаиморезервирования ЩПТ-1 – ЩПТ-2 при питании от АБ-1	176,6	150,4	1654

Значения напряжения на элементах при контрольном разряде аккумуляторной батареи №1  
 Объект: Иркутская ТЭЦ-9 Дата: 25.05.09 Тип: СК-28  
 Температура воздуха: 20 С Начало разряда: 9-30 Конец разряда: 18-20

**Таблица 4**

№ элем.	9-30	№ элем.	9-30	№ элем.	18-20	№ элем.	18-20
1	2,15	66	2,15	1	1,91	66	1,92
2	2,14	67	2,15	2	1,89	67	1,92
3	2,14	68	2,14	3	1,90	68	1,91
4	2,14	69	2,14	4	1,90	69	1,91
5	2,15	70	2,14	5	1,92	70	1,91
6	2,14	71	2,14	6	1,91	71	1,91
7	2,15	72	2,13	7	1,90	72	1,90
8	2,14	73	2,14	8	1,90	73	1,91
9	2,15	74	2,13	9	1,91	74	1,90
10	2,14	75	2,14	10	1,91	75	1,91
11	2,15	76	2,14	11	1,90	76	1,91
12	2,15	77	2,15	12	1,92	77	1,89
13	2,14	78	2,14	13	1,91	78	1,82
14	2,14	79	2,14	14	1,91	79	1,85
15	2,15	80	2,14	15	1,92	80	1,92
16	2,14	81	2,14	16	1,91	81	1,91
17	2,15	82	2,15	17	1,91	82	1,92
18	2,15	83	2,13	18	1,90	83	1,92
19	2,15	84	2,14	19	1,91	84	1,90
20	2,14	85	2,14	20	1,89	85	1,91
21	2,16	86	2,15	21	1,89	86	1,91
22	2,15	87	2,14	22	1,93	87	1,90
23	2,16	88	2,14	23	1,93	88	1,91
24	2,15	89	2,14	24	1,91	89	1,91
25	2,15	90	2,15	25	1,92	90	1,92
26	2,15	91	2,14	26	1,90	91	1,93
27	2,15	92	2,15	27	1,92	92	1,89
28	2,15	93	2,14	28	1,89	93	1,92
29	2,16	94	2,14	29	1,93	94	1,92
30	2,15	95	2,15	30	1,91	95	1,90
31	2,14	96	2,14	31	1,91	96	1,90
32	2,15	97	2,14	32	1,92	97	1,92
33	2,16	98	2,14	33	1,93	98	1,89
34	2,15	99	2,14	34	1,92	99	1,91
35	2,15	100	2,12	35	1,92	100	1,90
36	2,14	101	2,15	36	1,90	101	1,93
37	2,15	102	2,13	37	1,92	102	1,90
38	2,15	103	2,14	38	1,92	103	1,91
39	2,13	104	2,14	39	1,91	104	1,91
40	2,14	105	2,15	40	1,91	105	1,92
41	2,15	106	2,14	41	1,92	106	1,89
42	2,14	107	2,13	42	1,90	107	1,91
43	2,15	108	2,13	43	1,91	108	1,90
44	2,15	109	2,14	44	1,88	109	1,91
45	2,15	110	2,13	45	1,91	110	1,90
46	2,14	111	2,13	46	1,80	111	1,90
47	2,15	112	2,13	47	1,81	112	1,91
48	2,16	113	2,13	48	1,90	113	1,90
49	2,15	114	2,13	49	1,91	114	1,90
50	2,15	115	2,13	50	1,90	115	1,90
51	2,15	116	2,14	51	1,90	116	1,91
52	2,16	117	2,13	52	1,88	117	1,90
53	2,15	118	2,12	53	1,91	118	1,89
54	2,15	119	2,13	54	1,92	119	1,89
55	2,15	120	2,13	55	1,88	120	1,89
56	2,15	121	2,13	56	1,93	121	1,81
57	2,15	122	2,13	57	1,91	122	1,91
58	2,15	123	2,12	58	1,92	123	1,91
59	2,14	124	2,11	59	1,91	124	1,89
60	2,14			60	1,89		
61	2,14			61	1,91		
62	2,15			62	1,92		
63	2,15			63	1,92		
64	2,15			64	1,92		
65	2,15			65	1,91		

Значения плотности на элементах при контрольном разряде аккумуляторной батареи №1  
 Объект: Иркутская ТЭЦ-9 Дата: 16.07.09 Тип СК-28  
 Температура воздуха: 20 С Начало разряда: 9-30 Конец разряда: 18-20

**Таблица 5**

№ элем.	9-30		№ элем.	9-30		№ элем.	18-20		№ элем.	18-20	
	Ряд А	Ряд Б		Ряд А	Ряд Б		Ряд А	Ряд Б		Ряд А	Ряд Б
1	1,210	1,210	66	1,210	1,210	1	1,170	1,170	66	1,165	1,160
2	1,210	1,210	67	1,210	1,210	2	1,170	1,160	67	1,170	1,165
3	1,210	1,205	68	1,205	1,210	3	1,170	1,160	68	1,155	1,155
4	1,205	1,210	69	1,210	1,210	4	1,160	1,160	69	1,150	1,155
5	1,210	1,210	70	1,210	1,210	5	1,170	1,170	70	1,150	1,160
6	1,210	1,205	71	1,210	1,210	6	1,160	1,160	71	1,155	1,155
7	1,210	1,210	72	1,210	1,210	7	1,165	1,170	72	1,150	1,145
8	1,210	1,210	73	1,210	1,210	8	1,170	1,170	73	1,155	1,155
9	1,205	1,210	74	1,210	1,210	9	1,160	1,170	74	1,155	1,145
10	1,210	1,210	75	1,205	1,210	10	1,165	1,160	75	1,155	1,160
11	1,210	1,210	76	1,210	1,210	11	1,170	1,165	76	1,160	1,155
12	1,210	1,210	77	1,210	1,210	12	1,165	1,165	77	1,165	1,160
13	1,210	1,210	78	1,210	1,210	13	1,160	1,160	78	1,170	1,140
14	1,205	1,210	79	1,210	1,210	14	1,160	1,160	79	1,160	1,140
15	1,210	1,210	80	1,210	1,210	15	1,170	1,170	80	1,155	1,155
16	1,210	1,210	81	1,210	1,210	16	1,160	1,165	81	1,160	1,150
17	1,210	1,210	82	1,210	1,210	17	1,170	1,165	82	1,170	1,165
18	1,210	1,210	83	1,210	1,210	18	1,175	1,170	83	1,160	1,165
19	1,210	1,210	84	1,210	1,210	19	1,180	1,170	84	1,160	1,155
20	1,205	1,210	85	1,210	1,210	20	1,155	1,170	85	1,165	1,160
21	1,210	1,210	86	1,210	1,210	21	1,175	1,175	86	1,165	1,165
22	1,210	1,210	87	1,210	1,210	22	1,180	1,180	87	1,155	1,160
23	1,210	1,210	88	1,210	1,210	23	1,175	1,180	88	1,160	1,160
24	1,210	1,210	89	1,210	1,210	24	1,170	1,170	89	1,155	1,160
25	1,210	1,210	90	1,210	1,210	25	1,170	1,180	90	1,165	1,165
26	1,210	1,210	91	1,210	1,210	26	1,165	1,175	91	1,165	1,170
27	1,210	1,210	92	1,210	1,210	27	1,165	1,170	92	1,155	1,155
28	1,210	1,210	93	1,210	1,210	28	1,170	1,170	93	1,170	1,165
29	1,210	1,210	94	1,210	1,210	29	1,180	1,175	94	1,160	1,155
30	1,210	1,210	95	1,210	1,210	30	1,175	1,175	95	1,155	1,160
31	1,205	1,210	96	1,210	1,210	31	1,160	1,160	96	1,160	1,160
32	1,210	1,210	97	1,210	1,210	32	1,170	1,175	97	1,160	1,160
33	1,210	1,210	98	1,210	1,210	33	1,175	1,180	98	1,160	1,160
34	1,210	1,210	99	1,210	1,200	34	1,170	1,175	99	1,160	1,145
35	1,210	1,210	100	1,205	1,200	35	1,170	1,170	100	1,150	1,140
36	1,205	1,210	101	1,210	1,210	36	1,155	1,160	101	1,165	1,170
37	1,210	1,210	102	1,210	1,210	37	1,165	1,165	102	1,155	1,150
38	1,210	1,210	103	1,210	1,210	38	1,155	1,175	103	1,165	1,160
39	1,210	1,210	104	1,210	1,210	39	1,160	1,160	104	1,160	1,160
40	1,210	1,210	105	1,205	1,210	40	1,165	1,170	105	1,170	1,170
41	1,210	1,210	106	1,210	1,210	41	1,165	1,160	106	1,155	1,155
42	1,210	1,205	107	1,210	1,210	42	1,160	1,155	107	1,160	1,160
43	1,210	1,210	108	1,210	1,210	43	1,170	1,165	108	1,160	1,160
44	1,210	1,210	109	1,210	1,210	44	1,165	1,165	109	1,165	1,170
45	1,210	1,210	110	1,205	1,210	45	1,170	1,160	110	1,150	1,155
46	1,210	1,210	111	1,210	1,210	46	1,170	1,165	111	1,150	1,155
47	1,210	1,210	112	1,210	1,210	47	1,175	1,165	112	1,160	1,160
48	1,210	1,210	113	1,210	1,210	48	1,180	1,175	113	1,150	1,160
49	1,210	1,210	114	1,210	1,210	49	1,170	1,160	114	1,155	1,155
50	1,210	1,210	115	1,210	1,210	50	1,165	1,175	115	1,160	1,155
51	1,210	1,210	116	1,210	1,210	51	1,170	1,160	116	1,160	1,165
52	1,210	1,210	117	1,205	1,210	52	1,175	1,175	117	1,150	1,155
53	1,210	1,210	118	1,205	1,200	53	1,170	1,165	118	1,145	1,150
54	1,210	1,210	119	1,210	1,210	54	1,160	1,170	119	1,145	1,155
55	1,210	1,210	120	1,210	1,210	55	1,160	1,165	120	1,150	1,160
56	1,210	1,210	121	1,205	1,210	56	1,175	1,175	121	1,145	1,145
57	1,210	1,210	122	1,210	1,210	57	1,170	1,165	122	1,155	1,160
58	1,210	1,210	123	1,210	1,200	58	1,175	1,170	123	1,150	1,140
59	1,210	1,200	124	1,210	1,210	59	1,165	1,155	124	1,155	1,155
60	1,210	1,210				60	1,150	1,160	125		
61	1,210	1,210				61	1,160	1,160	126		
62	1,210	1,210				62	1,165	1,160	127		
63	1,210	1,210				63	1,165	1,160	128		
64	1,210	1,210				64	1,160	1,165	129		
65	1,210	1,210				65	1,160	1,165	130		

Значения напряжения на элементах при контрольном разряде аккумуляторной батареи №2  
 Объект: Иркутская ТЭЦ-9 Дата: 1.06.09 Тип: СК-20  
 Температура воздуха: 20 С Начало разряда: 9-00 Конец разряда: 18-45

**Таблица 6**

№ элем.	9-00	№ элем.	9-00	№ элем.	18-20	№ элем.	18-20
1	2,13	66	2,13	1	1,93	66	1,94
2	2,14	67	2,13	2	1,94	67	1,90
3	2,13	68	2,11	3	1,92	68	1,92
4	2,11	69	2,12	4	1,91	69	1,92
5	2,12	70	2,12	5	1,92	70	1,88
6	2,13	71	2,11	6	1,92	71	1,89
7	2,13	72	2,12	7	1,92	72	1,92
8	2,13	73	2,12	8	1,92	73	1,92
9	2,14	74	2,11	9	1,93	74	1,92
10	2,13	75	2,11	10	1,92	75	1,92
11	2,13	76	2,12	11	1,92	76	1,91
12	2,14	77	2,11	12	1,93	77	1,92
13	2,12	78	2,10	13	1,91	78	1,89
14	2,12	79	2,11	14	1,92	79	1,89
15	2,12	80	2,13	15	1,92	80	1,92
16	2,12	81	2,10	16	1,92	81	1,91
17	2,11	82	2,12	17	1,92	82	1,91
18	2,13	83	2,13	18	1,93	83	1,91
19	2,13	84	2,13	19	1,93	84	1,94
20	2,12	85	2,12	20	1,92	85	1,93
21	2,14	86	2,11	21	1,94	86	1,91
22	2,12	87	2,11	22	1,92	87	1,80
23	2,13	88	2,12	23	1,92	88	1,92
24	2,11	89	2,10	24	1,91	89	1,91
25	2,13	90	2,10	25	1,94	90	1,91
26	2,13	91	2,11	26	1,94	91	1,92
27	2,14	92	2,12	27	1,94	92	1,91
28	2,12	93	2,10	28	1,93	93	1,90
29	2,12	94	2,12	29	1,92	94	1,92
30	2,12	95	2,12	30	1,93	95	1,92
31	2,12	96	2,13	31	1,92	96	1,92
32	2,12	97	2,11	32	1,92	97	1,92
33	2,12	98	2,10	33	1,92	98	1,91
34	2,13	99	2,10	34	1,93	99	1,89
35	2,13	100	2,10	35	1,92	100	1,91
36	2,12	101	2,11	36	1,92	101	1,92
37	2,12	102	2,10	37	1,92	102	1,87
38	2,13	103	2,10	38	1,93	103	1,91
39	2,12	104	2,11	39	1,92	104	1,92
40	2,10	105	2,11	40	1,90	105	1,88
41	2,10	106	2,10	41	1,89	106	1,91
42	2,13	107	2,15	42	1,93	107	1,93
43	2,11	108	2,16	43	1,92	108	1,93
44	2,12	109	2,16	44	1,92	109	1,93
45	2,11	110	2,16	45	1,91	110	1,91
46	2,11	111	2,16	46	1,92	111	1,92
47	2,13	112	2,15	47	1,94	112	1,91
48	2,11	113	2,16	48	1,92	113	1,93
49	2,11	114	2,16	49	1,93	114	1,92
50	2,12	115	2,16	50	1,92	115	1,93
51	2,10	116	2,16	51	1,91	116	1,93
52	2,12	117	2,15	52	1,89	117	1,92
53	2,11	118	2,15	53	1,92	118	1,93
54	2,12	119	2,15	54	1,93	119	1,92
55	2,12	120	2,16	55	1,92	120	1,92
56	2,11	121	2,16	56	1,90	121	1,92
57	2,11	122	2,15	57	1,90	122	1,93
58	2,12	123	2,15	58	1,93	123	1,93
59	2,13	124	2,15	59	1,91	124	1,92
60	2,11	125	2,15	60	1,92	125	1,92
61	2,13	126	2,16	61	1,90	126	1,94
62	2,12	127	2,15	62	1,90	127	1,93
63	2,11	128	2,15	63	1,91	128	1,92
64	2,13			64	1,92		
65	2,13			65	1,94		

Таблица 7

№ элем.	9-00		№ элем.	9-00		№ элем.	18-45		№ элем.	18-45	
	Ряд А	Ряд Б		Ряд А	Ряд Б		Ряд А	Ряд Б		Ряд А	Ряд Б
1	1,210	1,210	66	1,210	1,210	1	1,175	1,175	66	1,180	1,180
2	1,210	1,210	67	1,210	1,210	2	1,180	1,175	67	1,170	1,180
3	1,210	1,210	68	1,210	1,210	3	1,170	1,170	68	1,165	1,170
4	1,210	1,210	69	1,210	1,210	4	1,165	1,160	69	1,165	1,165
5	1,210	1,210	70	1,210	1,210	5	1,170	1,170	70	1,170	1,170
6	1,210	1,210	71	1,210	1,210	6	1,175	1,175	71	1,170	1,160
7	1,210	1,210	72	1,210	1,210	7	1,180	1,175	72	1,170	1,170
8	1,210	1,210	73	1,210	1,210	8	1,175	1,170	73	1,180	1,170
9	1,210	1,210	74	1,210	1,210	9	1,180	1,175	74	1,175	1,170
10	1,210	1,210	75	1,210	1,210	10	1,175	1,170	75	1,170	1,165
11	1,210	1,210	76	1,210	1,210	11	1,170	1,170	76	1,170	1,165
12	1,210	1,210	77	1,210	1,210	12	1,180	1,175	77	1,180	1,165
13	1,210	1,210	78	1,210	1,210	13	1,165	1,170	78	1,170	1,155
14	1,210	1,210	79	1,210	1,210	14	1,175	1,165	79	1,155	1,165
15	1,210	1,210	80	1,210	1,210	15	1,175	1,160	80	1,170	1,170
16	1,210	1,210	81	1,210	1,210	16	1,170	1,160	81	1,160	1,160
17	1,210	1,210	82	1,210	1,210	17	1,175	1,175	82	1,165	1,170
18	1,210	1,210	83	1,210	1,210	18	1,175	1,175	83	1,180	1,170
19	1,210	1,210	84	1,210	1,210	19	1,175	1,175	84	1,180	1,170
20	1,210	1,210	85	1,210	1,210	20	1,165	1,170	85	1,170	1,175
21	1,210	1,210	86	1,210	1,210	21	1,180	1,181	86	1,170	1,155
22	1,210	1,210	87	1,210	1,210	22	1,170	1,170	87	1,175	1,160
23	1,210	1,210	88	1,210	1,210	23	1,175	1,175	88	1,170	1,170
24	1,210	1,210	89	1,210	1,210	24	1,170	1,160	89	1,165	1,160
25	1,210	1,210	90	1,210	1,210	25	1,180	1,180	90	1,170	1,160
26	1,210	1,210	91	1,205	1,210	26	1,180	1,175	91	1,165	1,160
27	1,210	1,210	92	1,210	1,210	27	1,180	1,180	92	1,180	1,170
28	1,210	1,210	93	1,210	1,210	28	1,180	1,175	93	1,165	1,160
29	1,210	1,210	94	1,210	1,210	29	1,180	1,170	94	1,180	1,165
30	1,210	1,210	95	1,210	1,210	30	1,175	1,175	95	1,170	1,170
31	2,210	1,210	96	1,210	1,210	31	1,180	1,175	96	1,180	1,180
32	1,210	1,210	97	1,210	1,210	32	1,180	1,170	97	1,170	1,165
33	1,210	1,210	98	1,210	1,210	33	1,175	1,170	98	1,180	1,180
34	1,210	1,210	99	1,210	1,210	34	1,180	1,175	99	1,170	1,175
35	1,210	1,210	100	1,210	1,210	35	1,180	1,184	100	1,170	1,170
36	1,210	1,210	101	1,205	1,210	36	1,180	1,170	101	1,165	1,170
37	1,210	1,210	102	1,205	1,210	37	1,180	1,180	102	1,165	1,170
38	1,210	1,210	103	1,210	1,210	38	1,180	1,180	103	1,160	1,150
39	1,210	1,210	104	1,205	1,210	39	1,170	1,165	104	1,165	1,171
40	1,210	1,210	105	1,210	1,210	40	1,170	1,170	105	1,170	1,170
41	1,210	1,210	106	1,210	1,210	41	1,175	1,160	106	1,175	1,165
42	1,210	1,210	107	1,210	1,210	42	1,175	1,170	107	1,170	1,165
43	1,210	1,210	108	1,210	1,210	43	1,165	1,160	108	1,180	1,180
44	1,210	1,210	109	1,210	1,210	44	1,160	1,160	109	1,175	1,170
45	1,210	1,205	110	1,210	1,210	45	1,165	1,160	110	1,170	1,165
46	1,210	1,210	111	1,210	1,210	46	1,160	1,155	111	1,165	1,555
47	1,210	1,210	112	1,210	1,210	47	1,175	1,175	112	1,160	1,165
48	1,210	1,210	113	1,210	1,210	48	1,170	1,165	113	1,160	1,160
49	1,210	1,210	114	1,210	1,210	49	1,165	1,165	114	1,165	1,160
50	1,210	1,210	115	1,205	1,210	50	1,170	1,165	115	1,165	1,170
51	1,210	1,210	116	1,210	1,210	51	1,175	1,170	116	1,165	1,160
52	1,210	1,210	117	1,205	1,205	52	1,160	1,160	117	1,155	1,150
53	1,210	1,210	118	1,210	1,210	53	1,170	1,170	118	1,155	1,155
54	1,210	1,210	119	1,210	1,200	54	1,165	1,165	119	1,155	1,155
55	1,210	1,210	120	1,210	1,210	55	1,170	1,165	120	1,160	1,160
56	1,210	1,210	121	1,210	1,210	56	1,160	1,160	121	1,170	1,155
57	1,210	1,210	122	1,205	1,200	57	1,170	1,165	122	1,165	1,150
58	1,210	1,210	123	1,205	1,205	58	1,175	1,165	123	1,165	1,150
59	1,210	1,210	124	1,210	1,210	59	1,180	1,170	124	1,170	1,155
60	1,210	1,210	125	1,210	1,210	60	1,170	1,165	125	1,180	1,170
61	1,210	1,210	126	1,210	1,210	61	1,180	1,175	126	1,180	1,155
62	1,210	1,210	127	1,210	1,210	62	1,170	1,170	127	1,180	1,155
63	1,210	1,210	128	1,210	1,210	63	1,160	1,765	128	1,175	1,160
64	1,210	1,210				64	1,175	1,175	129		
65	1,210	1,210				65	1,180	1,175	130		

Значения напряжения на элементах при контрольном разряде аккумуляторной батареи №3 100PzS 1000  
 Объект: Иркутская ГЭЦ-9 Дата: 16.07.09 АБ №3: 100PzS 1000  
 Температура воздуха: 20 С Начало разряда: 8-00 Конец разряда: 18-00

Таблица 8

№ элем.	8-00	№ элем.	8-00	№ элем.	18-00	№ элем.	18-00
1	2,08	66	2,08	1	1,88	66	1,88
2	2,08	67	2,08	2	1,88	67	1,88
3	2,08	68	2,08	3	1,88	68	1,88
4	2,08	69	2,08	4	1,89	69	1,88
5	2,08	70	2,08	5	1,88	70	1,88
6	2,08	71	2,08	6	1,89	71	1,88
7	2,08	72	2,08	7	1,89	72	1,88
8	2,08	73	2,08	8	1,88	73	1,88
9	2,08	74	2,08	9	1,89	74	1,88
10	2,08	75	2,08	10	1,88	75	1,88
11	2,08	76	2,08	11	1,88	76	1,88
12	2,08	77	2,08	12	1,88	77	1,88
13	2,08	78	2,08	13	1,88	78	1,88
14	2,08	79	2,08	14	1,88	79	1,88
15	2,08	80	2,08	15	1,88	80	1,88
16	2,08	81	2,08	16	1,88	81	1,87
17	2,08	82	2,08	17	1,88	82	1,87
18	2,08	83	2,08	18	1,88	83	1,88
19	2,08	84	2,08	19	1,88	84	1,88
20	2,08	85	2,08	20	1,88	85	1,87
21	2,08	86	2,08	21	1,88	86	1,88
22	2,08	87	2,08	22	1,88	87	1,88
23	2,08	88	2,08	23	1,88	88	1,87
24	2,08	89	2,08	24	1,88	89	1,87
25	2,08	90	2,08	25	1,87	90	1,88
26	2,08	91	2,08	26	1,88	91	1,88
27	2,08	92	2,08	27	1,88	92	1,87
28	2,08	93	2,08	28	1,88	93	1,87
29	2,08	94	2,08	29	1,88	94	1,87
30	2,08	95	2,08	30	1,88	95	1,88
31	2,08	96	2,08	31	1,88	96	1,87
32	2,08	97	2,08	32	1,88	97	1,87
33	2,08	98	2,08	33	1,88	98	1,88
34	2,08	99	2,08	34	1,88	99	1,88
35	2,08	100	2,08	35	1,88	100	1,87
36	2,08	101	2,08	36	1,88	101	1,88
37	2,08	102	2,08	37	1,88	102	1,88
38	2,08	103	2,08	38	1,88	103	1,87
39	2,08	104	2,08	39	1,88	104	1,87
40	2,08	105	2,08	40	1,88	105	1,88
41	2,08	106	2,08	41	1,88	106	1,87
42	2,08	107	2,08	42	1,88	107	1,87
43	2,08	108	2,08	43	1,88	108	1,88
44	2,08	109	2,08	44	1,88	109	1,88
45	2,08	110	2,08	45	1,88	110	1,88
46	2,08	111	2,08	46	1,88	111	1,88
47	2,08	112	2,08	47	1,88	112	1,88
48	2,08	113	2,08	48	1,88	113	1,87
49	2,08	114	2,08	49	1,88	114	1,87
50	2,08	115	2,08	50	1,88	115	1,88
51	2,08	116	2,08	51	1,88	116	1,87
52	2,08	117	2,08	52	1,88	117	1,88
53	2,08	118	2,08	53	1,88	118	1,87
54	2,08	119	2,08	54	1,88	119	1,88
55	2,08	120	2,08	55	1,88	120	1,87
56	2,08	121	2,08	56	1,88	121	1,88
57	2,08	122	2,08	57	1,88	122	1,88
58	2,08	123	2,08	58	1,88	123	1,87
59	2,08	124	2,08	59	1,88	124	1,88
60	2,08	125	2,08	60	1,87	125	1,88
61	2,08	126	2,08	61	1,87	126	1,88
62	2,08	127	2,08	62	1,88	127	1,88
63	2,08	128	2,08	63	1,88	128	1,87
64	2,08	129	2,08	64	1,88	129	1,88
65	2,08	130	2,08	65	1,88	130	1,88

Значения плотности на элементах при контрольном разряде аккумуляторной батареи №3 100PzS-1000  
 Объект: Иркутская ТЭЦ-9 Дата: 16.07.09 АБ №3: 100Gi-1000  
 Температура воздуха: 20 С Начало разряда: 8-00 Конец разряда: 18-00

Таблица 9

№ элем.	8-00	№ элем.	8-00	№ элем.	18-00	№ элем.	18-00
1	1,24	66	1,24	1	1,125	66	1,105
2	1,24	67	1,24	2	1,125	67	1,105
3	1,24	68	1,24	3	1,125	68	1,105
4	1,24	69	1,24	4	1,125	69	1,110
5	1,24	70	1,24	5	1,125	70	1,110
6	1,24	71	1,24	6	1,120	71	1,110
7	1,24	72	1,24	7	1,125	72	1,110
8	1,24	73	1,24	8	1,110	73	1,110
9	1,24	74	1,24	9	1,110	74	1,110
10	1,24	75	1,24	10	1,110	75	1,110
11	1,24	76	1,24	11	1,110	76	1,105
12	1,24	77	1,24	12	1,110	77	1,105
13	1,24	78	1,24	13	1,110	78	1,110
14	1,24	79	1,24	14	1,110	79	1,105
15	1,24	80	1,24	15	1,110	80	1,110
16	1,24	81	1,24	16	1,110	81	1,105
17	1,24	82	1,24	17	1,110	82	1,105
18	1,24	83	1,24	18	1,110	83	1,105
19	1,24	84	1,24	19	1,110	84	1,110
20	1,24	85	1,24	20	1,110	85	1,110
21	1,24	86	1,24	21	1,110	86	1,110
22	1,24	87	1,24	22	1,110	87	1,105
23	1,24	88	1,24	23	1,110	88	1,105
24	1,24	89	1,24	24	1,110	89	1,105
25	1,24	90	1,24	25	1,110	90	1,110
26	1,24	91	1,24	26	1,110	91	1,105
27	1,24	92	1,24	27	1,115	92	1,105
28	1,24	93	1,24	28	1,110	93	1,105
29	1,24	94	1,24	29	1,110	94	1,105
30	1,24	95	1,24	30	1,110	95	1,105
31	1,24	96	1,24	31	1,115	96	1,105
32	1,24	97	1,24	32	1,115	97	1,105
33	1,24	98	1,24	33	1,115	98	1,110
34	1,24	99	1,24	34	1,115	99	1,110
35	1,24	100	1,24	35	1,115	100	1,105
36	1,24	101	1,24	36	1,115	101	1,105
37	1,24	102	1,24	37	1,115	102	1,105
38	1,24	103	1,24	38	1,115	103	1,100
39	1,24	104	1,24	39	1,115	104	1,100
40	1,24	105	1,24	40	1,115	105	1,100
41	1,24	106	1,24	41	1,115	106	1,100
42	1,24	107	1,24	42	1,115	107	1,100
43	1,24	108	1,24	43	1,115	108	1,100
44	1,24	109	1,24	44	1,115	109	1,100
45	1,24	110	1,24	45	1,115	110	1,105
46	1,24	111	1,24	46	1,115	111	1,100
47	1,24	112	1,24	47	1,115	112	1,105
48	1,24	113	1,24	48	1,115	113	1,105
49	1,24	114	1,24	49	1,115	114	1,105
50	1,24	115	1,24	50	1,115	115	1,105
51	1,24	116	1,24	51	1,115	116	1,105
52	1,24	117	1,24	52	1,115	117	1,110
53	1,24	118	1,24	53	1,115	118	1,100
54	1,24	119	1,24	54	1,115	119	1,105
55	1,24	120	1,24	55	1,115	120	1,105
56	1,24	121	1,24	56	1,115	121	1,105
57	1,24	122	1,24	57	1,115	122	1,105
58	1,24	123	1,24	58	1,115	123	1,105
59	1,24	124	1,24	59	1,115	124	1,105
60	1,24	125	1,24	60	1,105	125	1,105
61	1,24	126	1,24	61	1,105	126	1,105
62	1,24	127	1,24	62	1,105	127	1,105
63	1,24	128	1,24	63	1,105	128	1,105
64	1,24	129	1,24	64	1,110	129	1,105
65	1,24	130	1,24	65	1,105	130	1,110

Проверка кабелей и защитной аппаратуры ЩПТ-1 и ЩПТ-2 ТЭЦ-9																														Таблица 10
№ панели	Наименование присоединения	Рабочий ток нагрузки, А	Максимальный ток толчковой нагрузки,А	Установленная аппаратура			Значение тока КЗ при питании от АБ№1			Значение тока КЗ при питании от АБ№2			Условие выбора аппаратуры						Рекомендуемая аппаратура		Проверка кабеля на термическую и пожарную стойкость								Рекомендуемый кабель	
				Тип автоматического выключателя (предохранителя)	Ном. ток расцепителя (Ном. ток пл.вст.), А	Уставка срабатывания мгновенного расцепителя, А	Ik.м.,А	Ik.д. ампл.,А	Ik.д.ср.,А	Ik.м.,А	Ik.д. ампл.,А	Ik.д.ср.,А	Ин.пл.вст.(Ин.расц.зам) ≥Iрасч	Ik.д.ср.кв АБ-1/Ин.расц.зам (Ин.пл.вст.)>3	Ik.д.ср.кв АБ-2/Ин.расц.зам (Ин.пл.вст.)>3	Ik.д.ср.кв АБ-1/І.ср.мгн.расц >Kч=1,32(1,5 для вын.заш)	Ik.д.ср.кв АБ-2/І.ср.мгн.расц >Kч=1,32(1,5 для вын.заш)	Iотс > Kч x Iпуск	Ином.пл.вст.>Iпер./Kп.=2,5	Тип автоматического выключателя (предохранителя)	Характеристики защитных аппаратов	Марка и сечение кабеля.	Длина,м	Сечение в полnose, мм2	Rкабеля, Ом	Qтерм.АБ-1, оС	Qлож.АБ-1, оС	Qтерм.АБ-2, оС	Qлож.АБ-2, оС	Марка и сечение кабеля.
ЩПТ-1																														
1	Каб. перемчка на ЩПТ-2 (п.7)	475	1632	A3726Ф	250	2500	1654	1081	854	1463	960	757	250<475	-	-	0,34	0,30	2500>2155	-	ВА 55-41	Ином.расц.=800А; Тсраб.перегр.=8сек.; Іср.кз./Ином.расц.=2о.е.; Тсраб.кз.=0,4сек.	ААБГ 3*240	420	240	0,0991	100	89	93	89	ВВГнг2(2*240)
	Цепи СВ ОРУ-110, 35кВ	-	440	ПН-2	400	-	2482	1529	1240	2360	1461	1182	-	3,10	3,65	-	-	-	480>192	-	-	ААШВ 3*185	150	185	0,0459	27	23	27	23	-
	Цепи СВ РУСН-0,4 кВ	-	10	ПР-2	100	-	3123	1881	1542	2932	1776	1452	-	15,42	17,76	-	-	-	100>4	-	-	АСБГ 3*95	80	95	0,0290	28	23	29	23	-
	Аварийное освещение на п. 12,13	130	-	ПН-2	250	-	2500	1539	1249	2377	1471	1190	250>130	4,99	5,88	-	-	-	250>64	-	-	АСБГ 3*25	20	25	0,0453	>160	114	>160	114	ВВГнг 2*240
	АМН-1	73	180	A3114	100	800	3084	1860	1523	2898	1758	1436	100>73	-	-	1,90	1,80	800>238	-	-	-	АСБГ 3*95	50	95	0,0298	23	38	23	36	-
2	Мотор-генератор связи	-	-	A3114	25	250	2615	1602	1303	2480	1527	1239	-	-	-	5,21	4,96	-	-			АСБГ 2*95	70	95	0,0417	23	38	23	36	
	Цепи СВ и АГП ТГ 1-6	215	360	ПР-2	200	-	3525	2101	1730	3284	1969	1617	200<215	8,65	9,85	-	-	-	200>144	ВА 57-35	Ином.расц.=250А; Iотс.=750А	АСБГ 3*95	75	120	0,0215	150	66	158	66	
	АМН-5	73	177,6	ВА 51-35	125	1500	1366	905	710	1328	884	692	125>73	-	-	0,47	0,46	1500>235	-	ВА 57-35	Ином.расц.=125А; Iотс.=500А	АСБГ 3*95	190	95	0,1132	30	43	31	42	
	Цепи СВ РУСН-6 кВ яч.136	-	100	ПР-2	200		2670	1632	1328	2529	1555	1262	-	6,64	7,77	-	-	-	200>40			АСБГ 3*120	85	120	0,0401	45	23	46	23	
	АМН-3	109	195,6	A3123	100	800	2041	1285	1032	1958	1239	993	109<100	-	-	1,29	1,24	800>258	-	ВА 57-35	Ином.расц.=160А; Iотс.=500А	АСБГ 3*120	135	120	0,0637	31	40	31	39	
	Питание РЩ ОРУ-35 кВ	25	70	ВА 57-35	100	1250	1826	1165	930	1760	1128	898	100>25	-	-	0,74	0,72	1250>93	-			АВВГнг 4*70	200	150	0,0755	25	30	25	29	
3	Разрядное сопротивление	100	-	A3134	200	1400	3155	1899	1557	2961	1792	1465	200>100	-	-	1,11	1,05	-	-	ВА 57-35	Ином.расц.=160А; Iотс.=800А	АВВГ (3*35+1*16)	35	70	0,0283	67	99	67	96	
	ВАЗП-1	80	-	ПН-2	250	-	4393	2574	2137	4024	2374	1965	250>80	8,55	9,49	-	-	-	250>32	ВА 57-35	Ином.расц.=100А; Iотс.=1000А	АВВГ (3*120+1*75)	35	120	0,0100	27	25	28	25	
4	АБ-1	983	1937	АВМ-15С	1000	8000	5307	3060	2559	-	-	-	1000<1307	-	-	0,32	-	8000>2559	-	ВА 55-41	Ином.расц.=1000А; Тсраб.перегр.=8сек.; Іср.кз./Ином.расц.=2о.е.; Тсраб.кз.=0,6сек.	АСБГ 2(1*240)	35	240	0,0050	>160	>160	-	-	ВВГнг2(2*240)
5	РВ-1	100	-	АВМ	250	2750	4567	2669	2219	4170	2453	2033	250>100	-	-	0,81	0,74	-	-	ВА 57-35	Ином.расц.=250А; Iотс.=1000А	АСБГ 2(1*240)	35	240	0,0083	26	28	26	28	
6	АБ-2	289	769	АВМ-15С	1000	8000	-	-	-	5052	2932	2445	1000<1053	-	-	-	0,31	8000>1015	-	ВА 55-41	Ином.расц.=1000А; Тсраб.перегр.=8сек.; Іср.кз./Ином.расц.=2о.е.; Тсраб.кз.=0,4сек.	АСБГ 2(1*240)	35	240	0,0083	-	-	57	46	ВВГнг2(2*240)
7	ВАЗП-2	80	-	A3144	250	1750	3564	2123	1749	3318	1988	1633	250>80	-	-	1,00	0,93	-	-	ВА 57-35	Ином.расц.=100А; Iотс.=1000А	АВВГ(3*95)	35	95	0,0209	35	50	35	49	
8	Цепи СВ ОРУ-110, 35кВ	-	440	ПР-2	400	-	2845	1728	1411	2686	1641	1336	-	3,53	4,10	-	-	-	400>192			ААШВ 3*240	150	240	0,0354	28	23	28	23	
	АМН-2	73	283,8	A3123	100	800	2515	1547	1256	2390	1478	1197	100>73	-	-	1,57	1,50	800>374	-			АСБГ 3*120	95	120	0,0448	27	36	27	35	
	Питание сб. ЭТЛ	0,1	-	ВА 51-35	50	600	3155	1899	1557	2961	1792	1465	50>0,1	-	-	2,59	2,44	-	-			АСБГ 3*50	25	50	0,0283	28	80	31	74	
	Питание розеток ГЩУ =220В	3	-	АП-50	16	160	418	319	234	414	316	232	16>3	-	-	1,46	1,45	160>4	-			АВВГ 4*2,5	20	3	0,4528	31	>160	30	>160	ВВГнг 2*10
	Цепи СВ РУСН-0,4 кВ	-	10	ПН-2	100	-	2196	1371	1105	2100	1318	1060	-	11,05	13,18	-	-	-	100>4			АСБГ 3*120	120	120	0,0566	23	23	23	23	
	Цепи СВ, АГП ТГ 1-6 и АМНУ	215	360	ПР-2	200	-	1622	1050	832	1569	1020	807	200<215	4,16	5,10	-	-	-	200>144	ВА 57-35	Ином.расц.=250А; Iотс.=500А	АСБГ 3*120	190	120	0,0896	99	54	101	54	
9	АМН-6	73	189	A3124	80	800	1314	875	685	1279	855	668	80>73	-	-	0,86	1,07	800>250	-	ВА 57-35	Ином.расц.=250А; Iотс.=500А	АСБГ 3*95	200	95	0,1192	28	43	28	42	
	АМН-4	73	201	A3174	200	1000	1753	1124	895	1691	1089	866	200>73	-	-	0,89	1,09	100>265	-	ВА 57-35	Ином.расц.=250А; Iотс.=500А	АСБГ 3*120	170	120	0,0802	27	36	27	35	
	Цепи СВ РУСН-6 кВ яч.701	-	100	ПР-2	200	-	1036	714	550	1014	701	540	-	2,75	3,51	-	-	-	200>40			АСБГ 3*95	270	95	0,1609	101	23	115	23	

	Цепи СВ ХВО	-	100	ПН-2	100	-	1685	1086	863	1628	1054	835	-	8,63	10,54	-	-	-	100>40				АСБГ 3*120	180	120	0,0849	23	23	24	23	
--	-------------	---	-----	------	-----	---	------	------	-----	------	------	-----	---	------	-------	---	---	---	--------	--	--	--	------------	-----	-----	--------	----	----	----	----	--

продолжение Таблицы 10

№ пане- ли	Наименование присоединения	Рабочий ток нагрузки, А	Максимальный ток толчковой нагрузки,А	Установленная аппаратура			Значение тока КЗ при питании от АБ№1			Значение тока КЗ при питании от АБ№2			Условие выбора аппаратуры						Рекомендуемая аппаратура		Проверка кабеля на термическую и пожарную стойкость								Рекомендуе-мый кабель	
				Тип автоматического выключателя (предохранителя)	Ном. ток расцепителя (Ном. ток пл.вет.), А	Уставка срабатывания мпноговного расцепителя, А	Ik.м.,А	Ik.д. ампл.,А	Ik.д.ср.,А	Ik.м.,А	Ik.д. ампл.,А	Ik.д.ср.,А	Ин.пл.вет.(Ин.расц.зам) ≥Iрасч	Ik.д.ср.кв АБ-1/Ин.расц.зам (Ин.пл.вет.)>3	Ik.д.ср.кв АБ-2/Ин.расц.зам (Ин.пл.вет.)>3	Ik.д.ср.кв АБ-1/І.ср.мгн.расц >Kч=1,32(1,5 для вын.защ)	Ik.д.ср.кв АБ-2/І.ср.мгн.расц >Kч=1,32(1,5 для вын.защ)	Iотс > Kч x Iпуск	Iном.пл.вет.>Iпер./Kп.=2,5	Тип автоматического выключателя (предохранителя)	Характеристики защитных аппаратов	Марка и сечение кабеля.	Длина,м	Сечение в полусе, мм2	Rкабеля, Ом	Qтерм.АБ-1, оС	Qпож.АБ-1, оС	Qтерм.АБ-2, оС	Qпож.АБ-2, оС	Марка и сечение кабеля.
10	Цепи управления ТРУ-1	2	-	НПН	15		71	55	40	71	55	40	15>2	2,66	3,63	-	-	-	-			АВВГ 7*1,5	150	3	2,8300	>160	>360	>160	>350	ВВГнг 2*16
	Сигнализация ГЩУ	8	-	НПН	30		444	337	248	440	334	246	30>8	8,26	11,14	-	-	-	-			АВВГ 4*4	30	4	0,4245	65	340	72	299	
	Цепи управления ГРЩУ-1	15	-	НПН	15		822	585	444	808	577	437	30>15	14,81	19,23	-	-	-	-			АВВГ 3*16	60	16	0,2123	26	38	27	37	
	Сигнализация ГрЩУ-3	5	-	НПН	30		304	232	170	302	231	169	30>5	5,67	7,70	-	-	-	-			АВВГ 3*16	180	16	0,6368	23	36	23	35	
	Цепи управления ХВО-1,2	3	-	НПН	15		461	350	257	457	347	255	15>3	17,16	23,11	-	-	-	-			АВВГ 3*16	115	16	0,4068	23	36	23	35	
	Питание ЭМБ ОРУ-35-110 кВ яч.19	3	-	НПН	15		73	56	41	73	56	41	15>3	2,74	3,74	-	-	-	-			АВВГ 4*2,5	200	2,5	2,7520	24	>350	25	>350	ВВГнг 2*16
	ЭМБ ОРУ яч.21	3	-	НПН	15		71	55	40	71	55	40	15>3	2,66	3,63	-	-	-	-			АВВГ 4*4	200	4	2,8300	23	334	24	293	ВВГнг 2*16
	Цепи управления РУСН-0,4 кВ	5	-	НПН	15		403	307	225	399	305	223	15>5	15,02	20,33	-	-	-	-			АКВРБГ 3*6	50	6	0,4717	24	132	24	120	
	Цепи управления ГЩУ	8	-	НПН	15		1137	773	600	1111	758	587	15>8	39,97	50,53	-	-	-	-			АКВРБГ 3*6	25	6	0,1433	29	134	29	122	
	Цепи управления ГЩУ	8	-	НПН	15		751	541	409	740	534	403	15>8	27,23	35,60	-	-	-	-			АКВРБГ 3*6	25	6	0,2358	27	135	27	123	
Сигнализация ГрЩУ-1	8	-	НПН	30		822	585	444	808	577	437	30>8	14,81	19,23	-	-	-	-			АВВГ 3*16	60	16	0,2123	24	37	24	36		
11	Цепи управления ГЩУ	3	-	НПН	15		751	541	409	740	534	403	15>3	27,23	35,60	-	-	-	-			АКВРБГ 3*6	25	6	0,2358	25	133	25	121	
	Сигнализация ГЩУ	8	-	НПН	30		751	541	409	740	534	403	30>8	13,62	17,80	-	-	-	-			АКВРБГ 3*6	25	6	0,2358	27	136	27	124	
	Цепи управления ГЩУ	5	-	НПН	15		751	541	409	740	534	403	15>5	27,23	35,60	-	-	-	-			АКВРБГ 3*6	25	6	0,2358	26	135	26	123	
	Цепи управления ХВО-3,4	5	-	НПН	15		85	65	48	85	65	48	15>5	3,19	4,35	-	-	-	-			АКВРБГ 3*6	250	6	2,3583	24	135	24	123	ВВГнг 2*16
	Цепи управления РУСН-0,4 кВ	5	-	НПН	30		294	225	164	292	223	163	30>5	5,48	7,44	-	-	-	-			АКВРБГ 3*6	70	6	0,6603	24	136	24	124	
	Сигнализация ГрЩУ-2	5	-	НПН	30		209	160	117	208	159	116	30>5	3,90	5,30	-	-	-	-			АКВРБГ 3*6	100	6	0,9433	24	136	24	124	
	Цепи управления РУ-6 кВ яч. 136	9	-	НПН	15		822	585	444	808	577	437	15>9	29,62	38,46	-	-	-	-			АВВГ 3*16	60	16	0,2123	24	37	24	36	
	Цепи управления ГРЩУ-3	15	-	НПН	30		304	232	170	302	231	169	30>15	5,67	7,70	-	-	-	-			АВВГ 3*16	180	16	0,6368	26	39	26	38	
	Цепи управления РУ-6 кВ яч. 701	9	-	НПН	15		304	232	170	302	231	169	15>9	11,34	15,40	-	-	-	-			АВВГ 3*16	180	16	0,6368	24	38	24	36	
	Цепи управления ГРЩУ-2	15	-	НПН	30		524	393	291	519	390	288	30>15	9,70	12,99	-	-	-	-			АВВГ 3*16	100	16	0,3538	26	40	26	38	

ЩПТ-2																														
№ панели	Наименование присоединения	Рабочий ток нагрузки, А	Максимальный ток толковой нагрузки,А	Установленная аппаратура			Значение тока КЗ при питании от АБ№3			Значение тока КЗ при питании от АБ№1			Условие выбора аппаратуры						Рекомендуемая аппаратура		Проверка кабеля на термическую и пожарную стойкость								Рекомендуе-мый кабель	
				Тип автоматического выключателя (предохранителя)	Ном. ток расцепителя (Ном. ток пл.вст.), А	Уставка срабатывания мгновтенного расцепителя, А	Ik.м.,А	Ik.д. амп.,А	Ik.д.ср.,А	Ik.м.,А	Ik.д. амп.,А	Ik.д.ср.,А	Ин.пл.вст.(Ин.расц.зам) ≥Iрасч	Ik.д.ср.кв АБ-3/Ин.расц.зам (Ин.пл.вст.)>3	Ik.д.ср.кв АБ-1/Ин.расц.зам (Ин.пл.вст.)>3	Ik.д.ср.кв АБ-3/І.ср.мгн.расц >Kч=1,32(1,5 для вын.защ)	Ik.д.ср.кв АБ-1/І.ср.мгн.расц >Kч=1,32(1,5 для вын.защ)	Iотс > Kч x Iпуск	Ином.пл.вст.>Iпер./Кп.=2,5	Тип автоматического выключателя (предохранителя)	Характеристики защитных аппаратов	Марка и сечение кабеля.	Длина,м	Сечение в полюсе, мм2	Rкабеля, Ом	Qтерм.АБ-3, оС	Qпож.АБ-3, оС	Qтерм.АБ-1, оС	Qпож.АБ-1, оС	Марка и сечение кабеля.
1	СВ ТРУ-2	-	100	ПН-2	250	-	2089	1308	1053	1045	717	554	-	4,21	2,87	-	-	-	250>40	ВА 57-35	Ином.расц.=100А; Iотс.=500А	ААШВ 3*95	110	95	0,0655	25	23	37	23	
	Питание ЭМБ II очереди	5	-	ПН-2	60	-	158	121	89	147	112	82	60>5	1,48	1,87	-	-	-	-			КВВГ 4*2,5	90	2,5	1,2384	>160	255	>160	40	ВВГнг2*16
	СВ С-10Р	-	100	ПН-2	200	-	2749	1673	1364	1188	800	623	-	6,82	4,00	-	-	-	200>40			2*ААШВ 3*120	180	240	0,0425	23	23	23	23	
	СВ РУСН-II очереди шкаф№1	-	100	ПН-2	60	-	1352	895	702	821	583	443	-	11,70	9,72	-	-	-	60>40			ААШВ 3*120	250	120	0,1179	23	23	23	23	
	Вторичные цепи рел.щит ОРУ-110 кВ	15	60	НПН	30	-	1255	839	656	784	560	425	30>15	21,85	18,68	-	-	-	30>24			ААШВ 3*35	80	35	0,1294	24	25	24	24	
	Питание сигнализации II очереди п.68р.	5	-	НПН	30	-	72	55	40	70	53	39	30>5	1,35	1,78	-	-	-	-			ВВГ 4*1,5	240	3	2,7520	28	172	28	38	ВВГнг2*16
	Питание ШУ ГрЩУ-4 п.51	3	-	НПН	30	-	100	76	56	95	73	53	30>3	1,86	2,43	-	-	-	-			ААШВ 4*4	280	8	1,9810	39	30	38	24	ВВГнг2*16
	Питание ШУ ГрЩУ-4 п. п. т.	3	-	НПН	30	-	41	31	23	40	31	22	30>3	0,76	1,02	-	-	-	-			АВВГ 4*1,5	260	3	4,9053	>160	167	>160	34	ВВГнг2*16
	ЦУ АМН ТГ-8	0,5	-	НПН	30	-	272	208	152	241	184	135	30>0,5	5,08	6,14	-	-	-	-			ААШВ 3*16	200	16	0,7075	24	27	24	23	
Питание переносных стендов РЩ ОРУ-110	0,1	-	НПН	30	-	173	132	97	159	122	89	30>0,1	3,22	4,07	-	-	-	-			ААШВ 4*4	80	4	1,1320	32	95	32	28	ВВГнг2*16	
2	Перемычка от 1 и 118 элемента АБ	-	440	ПН-2	400	-	5845	3361	2815	1540	1002	793	-	7,04	2,50	-	-	-	400>200	ВА 57-35	Ином.расц.=125А; Iотс.=800А	2СГ 1*300	20	300	0,0038	23	23	25	23	
	СВ МВ-10 кВ ТОСН-1,2	-	100	ПН-2	200	-	2939	1777	1454	1222	820	640	-	7,27	4,10	-	-	-	200>40			ААШВ 3*120	80	120	0,0377	26	23	23	23	
	СВ МВ-10 кВ ТГ-8	-	360	ПН-2	200	-	2521	1547	1257	1143	775	601	-	6,29	3,87	-	-	-	200>144			ААШВ 3*150	130	150	0,0491	23	23	23	23	
	СВ ОРУ-100кВ яч.15-31	-	440	ПН-2	400	-	5018	2911	2428	1476	965	762	-	6,07	2,41	-	-	-	400>200			2*ААШВ 3*240	120	720	0,0094	36	23	23	23	
3	АМНУ-7	128	1377	А3776П	125	1000	1396	920	724	837	593	451	125<128	-	-	0,72	0,45	1000<1820	-	ВА 57-35	Ином.расц.=160А; Iотс.=800А	ААШВ 3*120	240	120	0,1132	42	45	42	42	
	АМН-7	73	190	А3120	100	500	1396	920	724	837	593	451	100>73	-	-	1,45	0,90	500>250	-			ААШВ 3*120	240	120	0,1132	28	31	28	28	
	АМН-8	73	121,6	А3120	100	500	389	297	218	328	251	184	100>73	-	-	0,44	0,37	500>160	-	ВА 57-35	Ином.расц.=100А; Iотс.=500А	АВВГ 4*35	300	35	0,4851	47	77	45	43	
	АМНУ-8	207	952,5	А3725	250	1500	1167	788	613	749	538	407	250>207	-	-	0,41	0,27	1500>1257	-	ВА 57-35	Ином.расц.=250А; Iотс.=1250А	АВВГ 3*120	300	120	0,1415	76	66	65	63	
4	НРТ	160	-	АВМ	500	3200	5926	3405	2853	1546	1005	795	500>160	-	-	0,89	0,25	-	-	ВА 57-35	Ином.расц.=100А; Iотс.=800А	ААШВ 3*120	7	120	0,0033	127	50	47	47	
	ЦУ РУСН 6-кВ III оч. С.10Р	5	-	НПН	30	-	219	168	123	199	152	111	30>5	4,10	5,06	-	-	-	-			ААШВ 3*16	250	16	0,8844	24	27	24	24	
	Питание шинок сигнализации	3	-	НПН	15	-	66	50	37	64	49	36	15>3	2,46	3,25	-	-	-	-			КВВГ 4*1,5	80	1,5	3,0187	35	316	43	41	
	Зап. Панели датчиков и реле ТГ-7	5	-	НПН	30	-	63	48	35	61	47	34	30>5	1,17	1,55	-	-	-	-			КВВГ 4*2,5	280	5	3,1696	31	44	33	27	ВВГнг2*16
	ЦУ РУСН-Поч. Шкаф№1	10	-	НПН	30	-	70	54	39	68	52	38	30>10	1,31	1,73	-	-	-	-			КВВГ 4*4	200	4	2,8300	44	57	43	30	ВВГнг2*16
5	ЦУ ТРУ-2	3	-	НПН	30	-	126	97	71	119	91	67	30>3	2,36	3,04	-	-	-	-			КВВГ 4*2,5	110	4	1,5565	>160	96	150	29	ВВГнг2*16
	АБ-3	475	1632	АВМ	1000	6000	6163	3544	2968	-	-	-	-	-	-	0,49	-	6000>2155	-	ВА 55-41	Ином.расц.=1000А; Тсраб.перегр.=8сек.; Іср.кз./Ином.расц.=2о.е.; Тсраб.кз.=0,6сек.	СГ 1*300	20	300	0,0038	107	106	-	-	

продолжение Таблицы 10

№ пане- ли	Наименование присоединения	Рабочий ток нагрузки, А	Максимальный ток толчковый нагрузки,А	Установленная аппаратура			Значение тока КЗ при питании от АБ№3			Значение тока КЗ при питании от АБ№1			Условие выбора аппаратуры						Рекомендуемая аппаратура		Проверка кабеля на термическую и пожарную стойкость								Рекомендуемый кабель	
				Тип автоматического выключателя (предохранителя)	Ном. ток расцепителя (Ном. ток пл.вст.), А	Уставка срабатывания мгновенного расцепителя, А	Ik.m.,А	Ik.d. ампл.,А	Ik.d.ср.,А	Ik.m.,А	Ik.d. ампл.,А	Ik.d.ср.,А	Ин.пл.вст. (Ин.расц.зам) ≥Iрасч	Ik.d.ср.кв АБ-3/Ин.расц.зам (Ин.пл.вст.)>3	Ik.d.ср.кв АБ-1/Ин.расц.зам (Ин.пл.вст.)>3	Ik.d.ср.кв АБ-3/Іср.мгн.расц >Kч=1,32(1,5 для вын.заш)	Ik.d.ср.кв АБ-1/Іср.мгн.расц >Kч=1,32(1,5 для вын.заш)	Iотс > Kч x Іпуск	Iном.пл.вст.>Iпер./Kп.=2,5	Тип автоматического выключателя (предохранителя)	Характеристики защитных аппаратов	Марка и сечение кабеля.	Длина,м	Сечение в полном, мм2	Rкабеля, Ом	Qтерм.АБ-3, оС	Qлож.АБ-3, оС	Qтерм.АБ-1, оС	Qлож.АБ-1, оС	Марка и сечение кабеля.
6	ЗМГ	100	-	АВМ	400	3200	5266	3047	2544	1497	977	772	500>100	-	-	<b>0,80</b>	<b>0,24</b>	-	-	ВА 57-35	Iном.расц.=125А; Iотс.=800А	ААШВ 3*150	20	150	0,0075	29	30	31	28	
	ЦУ РУСН 6-кВ III оч. С.10Р	5	-	НПН	30	-	219	168	123	199	152	111	30>5	4,10	5,06	-	-	-	-			ААШВ 3*16	250	16	0,8844	25	27	25	24	
	Зап. Панели датчиков и реле ТГ-7	5	-	НПН	30	-	63	48	35	61	47	34	30>5	<b>1,17</b>	<b>1,55</b>	-	-	-	-			КВВГ 4*2,5	280	5	3,1696	34	45	34	28	ВВГнг2*16
	Цепи упр. РУСН-Поч. Щ-9Н п.11	10	-	НПН	30	-	59	45	33	57	44	32	30>10	<b>1,09</b>	<b>1,45</b>	-	-	-	-			ВВГ 3*4	240	4	3,3960	37	55	36	28	ВВГнг2*16
	Цепи управления ТРУ-2	3	-	НПН	30	-	93	71	52	89	68	50	30>3	<b>1,74</b>	<b>2,28</b>	-	-	-	-			АВВГ 3*4	150	4	2,1225	43	95	41	29	ВВГнг2*16
7	Панель аварийного освещения	40	-	ПН-2	200	-	6258	3585	3008	1568	1017	806	200>40	15,04	5,09	-	-	-	-			2*АВВГ 3*150	8	300	0,0015	24	23	23	23	
	Резервное питание от ЩПТ-1 п.1	509	949	ПН-2	400	-	1549	1006	797	1654	1081	854	400<509	<b>1,99</b>	2,70	-	-	-	400>395	ВА 55-41	Iном.расц.=800А; Тсраб.перегр.=8сек.; Іср.кз./Iном.расц.=2о.е.; Тсраб.кз.=0,4сек.	ААБГ 3*240	420	240	0,0991	108	96	-	-	ВВГнг3(2*240)
	СВ ОРУ-100кВ яч.31-15	-	440	ПН-2	400	-	4739	2759	2298	1451	951	750	-	5,74	2,38	-	-	-	400>200			ААШВ 2(3*240)	150	720	0,0118	23	23	23	23	
	СВ МВ-10 кВ ТОСН-1,2	-	100	ПН-2	200	-	3690	2188	1806	1335	885	694	-	9,03	4,43	-	-	-	200>40			ААШВ 3*95	40	95	0,0238	23	23	23	23	
	СВ МВ-10 кВ ТГ-8	-	100	ПН-2	200	-	1812	1155	922	971	673	517	-	4,61	3,37	-	-	-	200>40			ААШВ 3*120	170	120	0,0802	23	23	23	23	
8	СВ ТРУ-2	-	100	ПН-2	200	-	2089	1308	1053	1045	717	554	-	5,27	3,59	-	-	-	200>40			ААШВ 3*95	110	95	0,0655	23	23	24	23	
	Цепи защит ГрЩУ-5	5	-	ПН-2	200	-	1341	888	697	817	581	441	200>5	3,48	2,90	-	-	-	-			ААШВ 3*95	200	95	0,1192	23	23	27	23	
	СВ С-10Р	-	100	ПН-2	200	-	3818	2257	1866	1351	894	702	-	9,33	4,47	-	-	-	200>40			2*ААШВ 3*240	280	720	0,0220	23	23	23	23	
	СВ РУСН-II очереди шкафа№2	-	100	ПН-2	60	-	1352	895	702	821	583	443	-	11,70	9,72	-	-	-	-			ААШВ 3*120	250	120	0,1179	23	23	23	23	
	Цепи защит ГрЩУ-5 пс.2-220.	10	-	НПН	30	-	272	208	152	241	184	135	30>10	5,08	6,14	-	-	-	-			ААШВ 2*16	200	16	0,7075	26	28	25	24	
	Цепи сигнализации ГрЩУ-5 пан.п.т.	5	-	НПН	30	-	272	208	152	241	184	135	30>5	5,08	6,14	-	-	-	-			ААШВ 2*16	200	16	0,7075	24	27	24	24	
	Питание ШС ГрЩУ-4 п.51	5	-	НПН	30	-	92	70	52	88	67	49	30>5	<b>1,72</b>	<b>2,25</b>	-	-	-	-			КВВГ4*4	250	4	2,1500	93	96	87	30	ВВГнг2*16
	Релейный щит ОРУ-110кВ	15	60	НПН	30	-	1255	839	656	784	560	425	30>15	21,85	18,68	-	-	-	60>24			ААШВ 3*35	80	35	0,1294	24	25	24	24	
	Цепи сигнализации Поч. П.68р.	10	-	НПН	30	-	279	214	156	246	189	138	30>10	5,21	6,28	-	-	-	-			КВВГ4*4	80	4	0,6880	30	57	32	30	

Наименован ие присоединен ия	Рабочий ток (I <sub>раб.</sub> ), А	Пусковой ток (I <sub>пуск.</sub> ), А	Расчетная нагрузка режима аварийного разряда, предшествующая пуску электродвигателя (I <sub>р.п.</sub> ), А	Максимальный толчковый ток, протекающий по цепи ввода во время пуска электродвигателя маслосососа (I <sub>т.</sub> ), А	Сопротивление кабеля ввода рабочего питания от АБ-1 до ЩПТ-1 (R <sub>к.в.</sub> ), Ом	Сопротивление кабеля ввода рабочего питания от АБ-2 до ЩПТ-1 (R <sub>к.в.</sub> ), Ом	Сопротивление кабеля ввода рабочего питания от АБ-3 до ЩПТ-2 (R <sub>к.в.</sub> ), Ом	Марка и сечение существующего (рекомендуемого) кабеля	Сечение в полюс, мм2	Длина, м	Сопротивление кабеля от ЩПТ-1 I СШ до электродвигателя питания маслосососа (R <sub>д.п.э.</sub> ), Ом	Сопротивление кабеля от ЩПТ-1 I СШ до электродвигателя питания маслосососа (R <sub>д.п.э.</sub> ), Ом	Сопротивление кабеля от ЩПТ-2 до электродвигателя питания маслосососа (R <sub>д.п.э.</sub> ), Ом	Напряжение на выводах АБ-1 (U <sub>аб.</sub> ), В	Напряжение на выводах АБ-2 (U <sub>аб.</sub> ), В	Напряжение на выводах АБ-3 (U <sub>аб.</sub> ), В	Напряжение на шинах ЩПТ-1 при питании от АБ-1 (U <sub>ш.</sub> ), В	Напряжение на шинах ЩПТ-1 при питании от АБ-2 (U <sub>ш.</sub> ), В	Напряжение на шинах ЩПТ-2 при питании от АБ-3 (U <sub>ш.</sub> ), В	Напряжение на зажимах электродвигателя при питании от АБ-1 (U <sub>двиг.</sub> ), В	Напряжение на зажимах электродвигателя при питании от АБ-2 (U <sub>двиг.</sub> ), В	Напряжение на зажимах электродвигателя при питании от АБ-3 (U <sub>двиг.</sub> ), В	Примечание
АМН-1	58,4	180	924,8	1104,8	0,01392	-	0,0048	АСБГ 3*95	95	50	0,0298	-	0,1289	195	-	193	180	-	188	<b>174</b>	-	<b>164</b>	-
								ВВГнг 2*120	120		0,0143		0,0344							177		181	При условии замены кабеля цепи взаиморезервирования на рекомендуемый
АМН-2	58,4	284	739,8	1023,8	0,01392	0,0126	-	АСБГ 3*120	120	95	0,0448	0,0448	-	190	187	-	176	175	-	<b>164</b>	<b>162</b>	-	-
		233		972,8				ВВГнг 2*240	240		0,0136		0,0136	191	188		177	188		174	184		При условии установки в цепь питания электродвигателя пускового сопротивления с кратностью пускового тока 4 о.е. и замены кабеля цепи взаиморезервирования на рекомендуемый
АМН-3	84,8	195,6	896	1091,6	0,01392	-	0,0048	АСБГ 3*120	120	135	0,0637	-	0,1628	196	-	193,5	181	-	188	<b>168</b>	-	<b>156</b>	-
								ВВГнг 2*240	240		0,0194		0,0395							177		181	При условии замены кабеля цепи взаиморезервирования на рекомендуемый
АМН-4	58,4	201	739,8	940,8	0,01392	0,0126	-	АСБГ 3*120	120	170	0,0802	0,0802	-	198	190	-	185	178	-	<b>169</b>	<b>162</b>	-	-
								ВВГнг 2*240	240		0,0244		0,0244							180	173		При условии замены кабеля цепи взаиморезервирования на рекомендуемый
АМН-5	58,4	177,6	924,8	1102,4	0,01392	-	0,0048	АСБГ 3*95	95	190	0,1132	-	0,2123	195	-	192,5	180	-	187	<b>160</b>	-	<b>150</b>	-
								ВВГнг 2*240	240		0,0272		0,0473							175		179	При условии замены кабеля цепи взаиморезервирования на рекомендуемый
АМН-6	58,4	189	739,8	928,8	0,01392	0,0126	-	АСБГ 3*95	95	210	0,1251	0,1251	-	201	193	-	188	181	-	<b>164</b>	<b>158</b>	-	-
								ВВГнг 2*240	240		0,0301		0,0301							182	176		При условии замены кабеля цепи взаиморезервирования на рекомендуемый
АМН-7	58,4	190	983,2	1173,2	0,01392	-	0,0048	ААШВ 3*120	120	240	0,1132	-	0,2123	194	-	191	178	-	185	<b>156</b>	-	<b>145</b>	-
								ВВГнг 2(2*240)	480		0,0172		0,0373							174		178	При условии замены кабеля цепи взаиморезервирования на рекомендуемый
АМН-8	58,4	121,6	924,8	1046,4	0,01392	-	0,0048	АВВГ 4*35	35	300	0,4851	-	0,5842	196,5	-	194	182	-	189	<b>&lt;150</b>	-	<b>&lt;150</b>	-
								ВВГнг 2*240	240		0,0430		0,0631							177		181	При условии замены кабеля цепи взаиморезервирования на рекомендуемый
АМНУ-1	30	264,3	361	625,3	0,01392	0,0126	-	АСБГ 3*95	95	75	0,0447	0,0447	-	205	201	-	196	193	-	184	181	-	-
		120		481										210	207		203	207		203	207		При условии установки в цепь питания электродвигателя пускового сопротивления с кратностью пускового тока 4 о.е. и замены кабеля цепи взаиморезервирования на рекомендуемый
АМНУ-7	102,4	1377	560,6	1937,6	0,01392	-	0,0048	ААШВ 3*120	120	240	0,1132	-	0,2123	183	-	170	156	-	161	<b>&lt;150</b>	-	<b>&lt;150</b>	-
		409,6		970,2				ВВГнг 2*240	240		0,0344		0,0545	197		195	183		190	<b>169</b>		<b>168</b>	При условии установки в цепь питания электродвигателя пускового сопротивления с кратностью пускового тока 4 о.е. и замены кабеля цепи взаиморезервирования на рекомендуемый
АМНУ-8	165,6	952,5	469,4	1421,9	0,01392	-	0,0048	ААШВ 3*120	120	300	0,1415	-	0,2406	185	-	179	165	-	172	<b>&lt;150</b>	-	<b>&lt;150</b>	-
		662,4		1131,8				ВВГнг 2(2*240)	480		0,0215		0,0416	195		193	179		188	<b>165</b>		<b>160</b>	При условии установки в цепь питания электродвигателя пускового сопротивления с кратностью пускового тока 4 о.е. и замены кабеля цепи взаиморезервирования на рекомендуемый

# Определение остаточного уровня напряжения на электромагнитах включения выключателей ОРУ

Таблица 12

ЩПТ	Панель	Присоединение	Номинальный ток электромагнита включения	Питание от ЩПТ-1							Питание от ЩПТ-2						
				Ирасч	Ит	Иэв	Напряжение на выводах АБ (Uаб), В	Напряжение на шинах ЩПТ (Uш), В	Потеря напряжения в цепи питания электромагнита включения ( $\Delta U_{п.э.в}$ )	Напряжение на электромагните включения (Uэв), В	Ирасч	Ит	Иэв	Напряжение на выводах АБ (Uаб), В	Напряжение на шинах ЩПТ (Uш), В	Потеря напряжения в цепи питания электромагнита включения ( $\Delta U_{п.э.в}$ )	Напряжение на электромагните включения (Uэв), В
1	1	Цепи СВ ОРУ-110кВ, 35кВ	244	983	1235	251,6	219,9	202,7	11,5	191,1	983	1213	229,9	216,5	210,7	33,2	177,5
	8	Цепи СВ ОРУ-110кВ, 35кВ	244	983	1237	254,3	219,8	202,6	9,0	193,6	983	1215	232,1	216,4	210,6	31,2	179,4
2	2	СВ ОРУ-110 кВ яч. 15-31	480	983	1360	376,7	217,1	198,2	40,9	157,3	983	1448	465,2	210,6	203,6	5,5	198,2
	7	СВ ОРУ-110 кВ яч. 15-31	480	983	1358	375,3	217,1	198,2	41,6	156,6	983	1448	465,2	210,6	203,6	5,5	198,2