Круглый стол на тему: «Вопросы координации работы релейной защиты и измерительных трансформаторов тока», 11 сентября 2015 года.

НТС ПАО «Россети», НП «НТС ЕЭС»

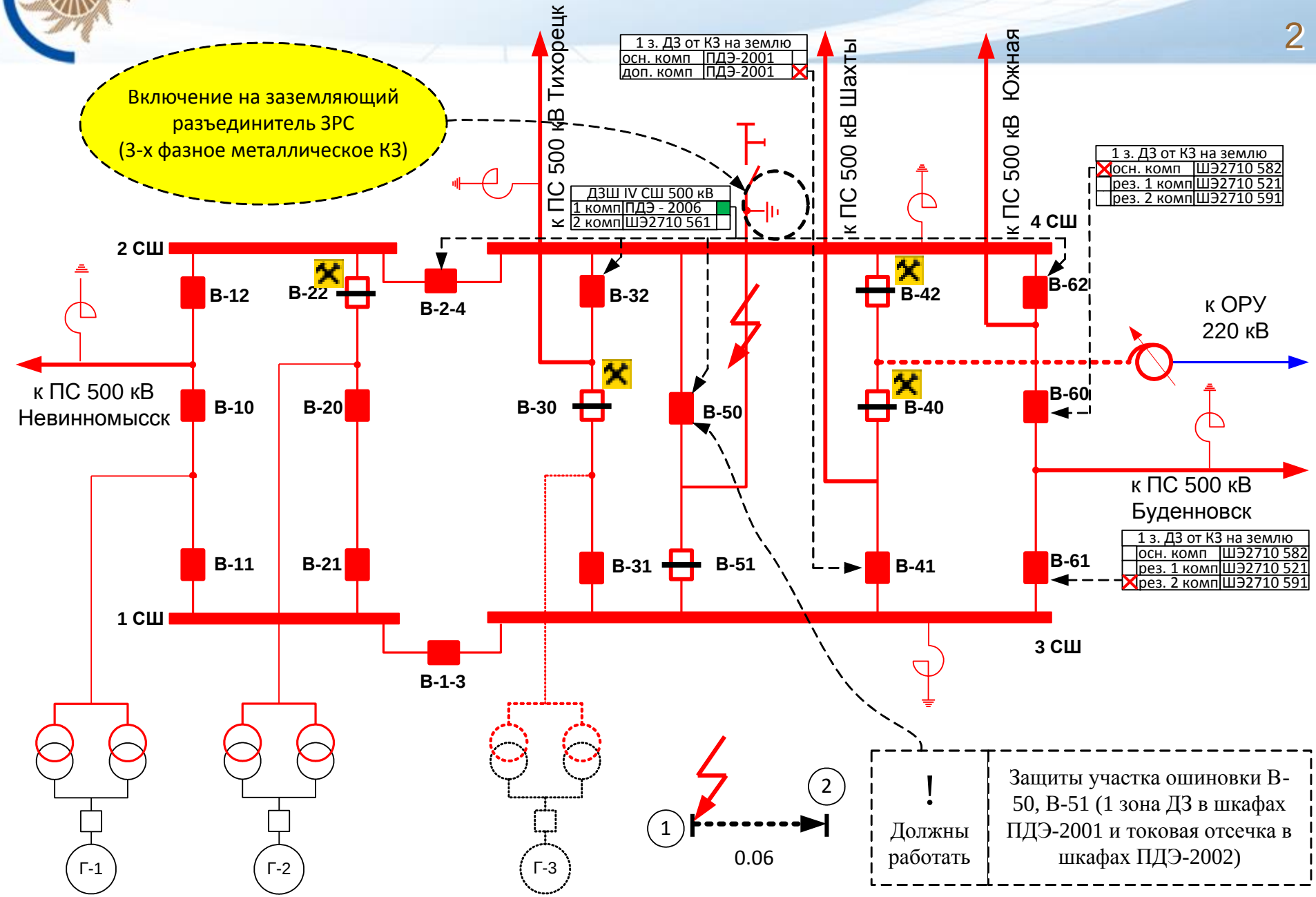
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

# О неправильной работе устройств РЗА в переходных режимах при насыщении трансформаторов тока.

Начальник Службы релейной защиты и автоматики ЦДУ, ОАО «СО ЕЭС»

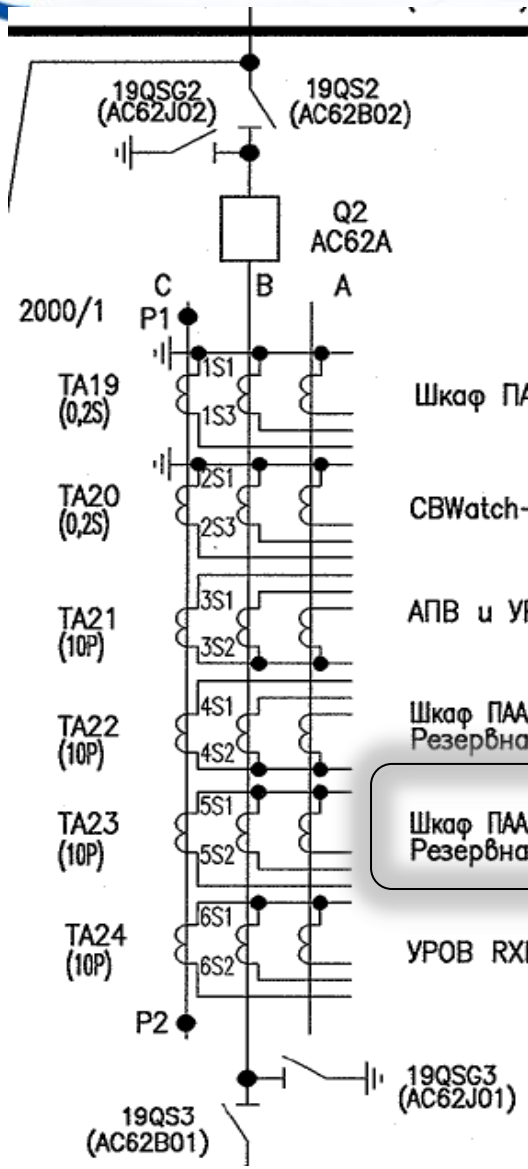
Воробьёв Виктор Станиславвович

# Схема ОРУ-500 кВ Ростовской АЭС с включением В-50 на заземляющий нож ЗРС (3-х фазное КЗ)



# Насыщение ТТ SAS 550 (TRENCH) на Ростовской АЭС 4.11.2014






Шкаф ПАА (резервный) ВЛ WC07, Шкаф ПАА (резервный) ВЛ WC06

CBWatch–2

АПВ и УРОВ AC62A (шкаф ШЭ2710 511), ДФЗ ВЛ WC07 (шкаф ШЭ2710 582)

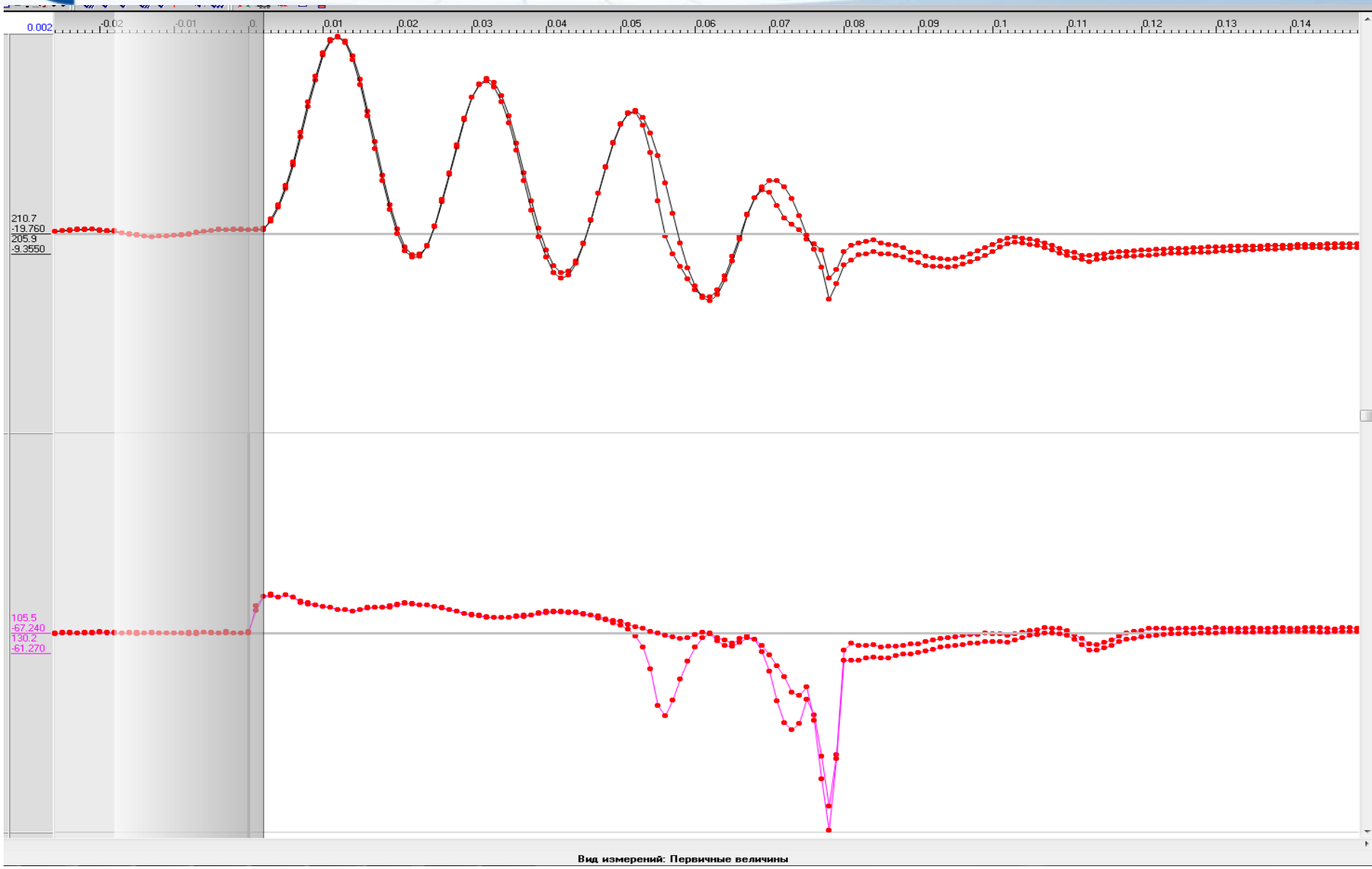
Шкаф ПАА (основной) ВЛ WC07, АУРА–256 ВЛ WC07, Резервная защита ВЛ WC06 (2 комплект) шкаф ШЭ2710 591,
Резервная защита ВЛ WC07 (1 комплект) шкаф ШЭ2710 521

Шкаф ПАА (основной) ВЛ WC06, АУРА–256 ВЛ WC06, Резервная защита ВЛ WC07 (2 комплект) ШЭ2710 591
Резервная защита ВЛ WC06 (1 комплект) шкаф ШЭ2710 521

УРОВ RXHB 411 AC62A, ДФЗ ВЛ WC06 (шкаф ШЭ2710 582)

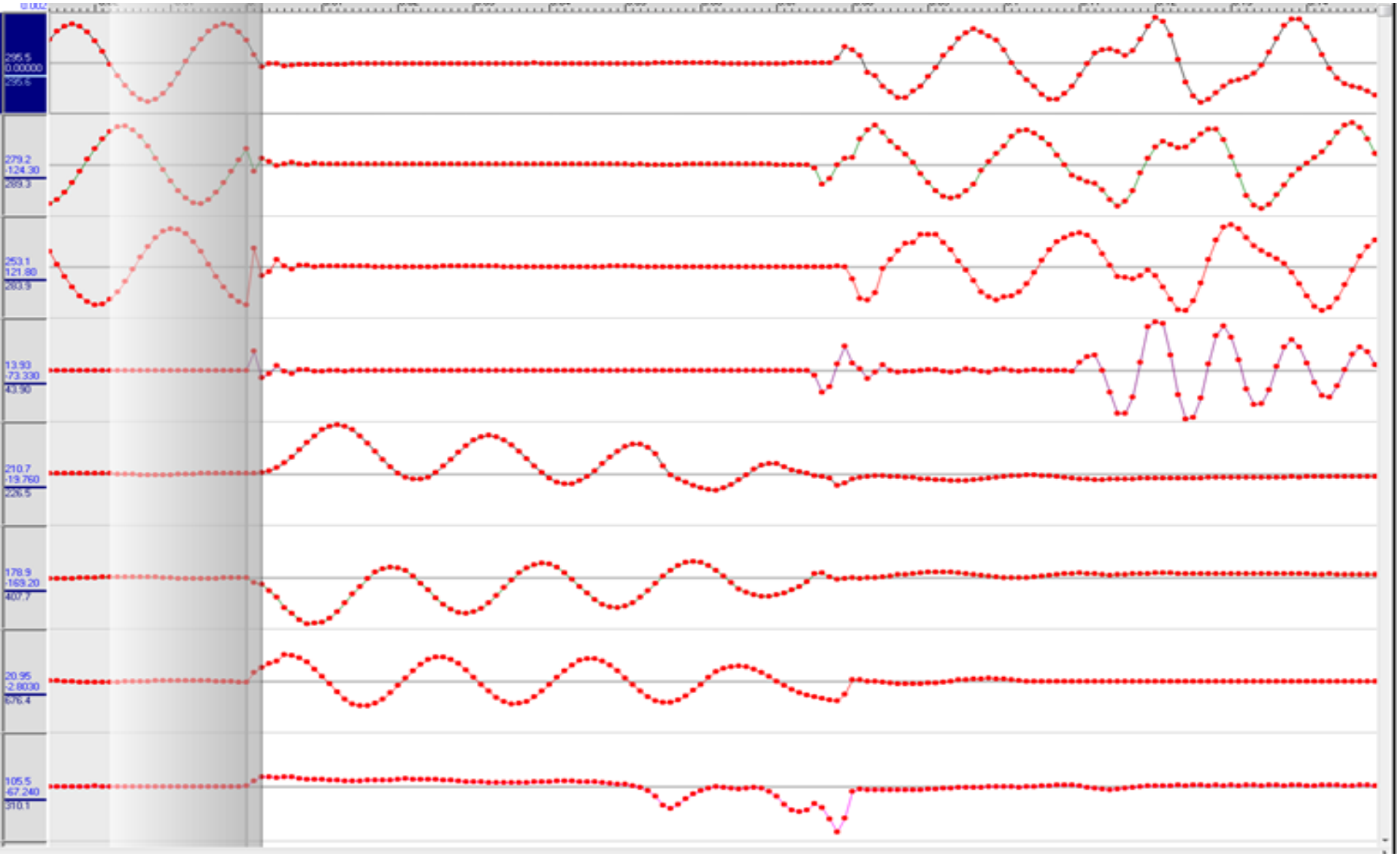
# Насыщение ТТ  SAS 550 (TRENCH)





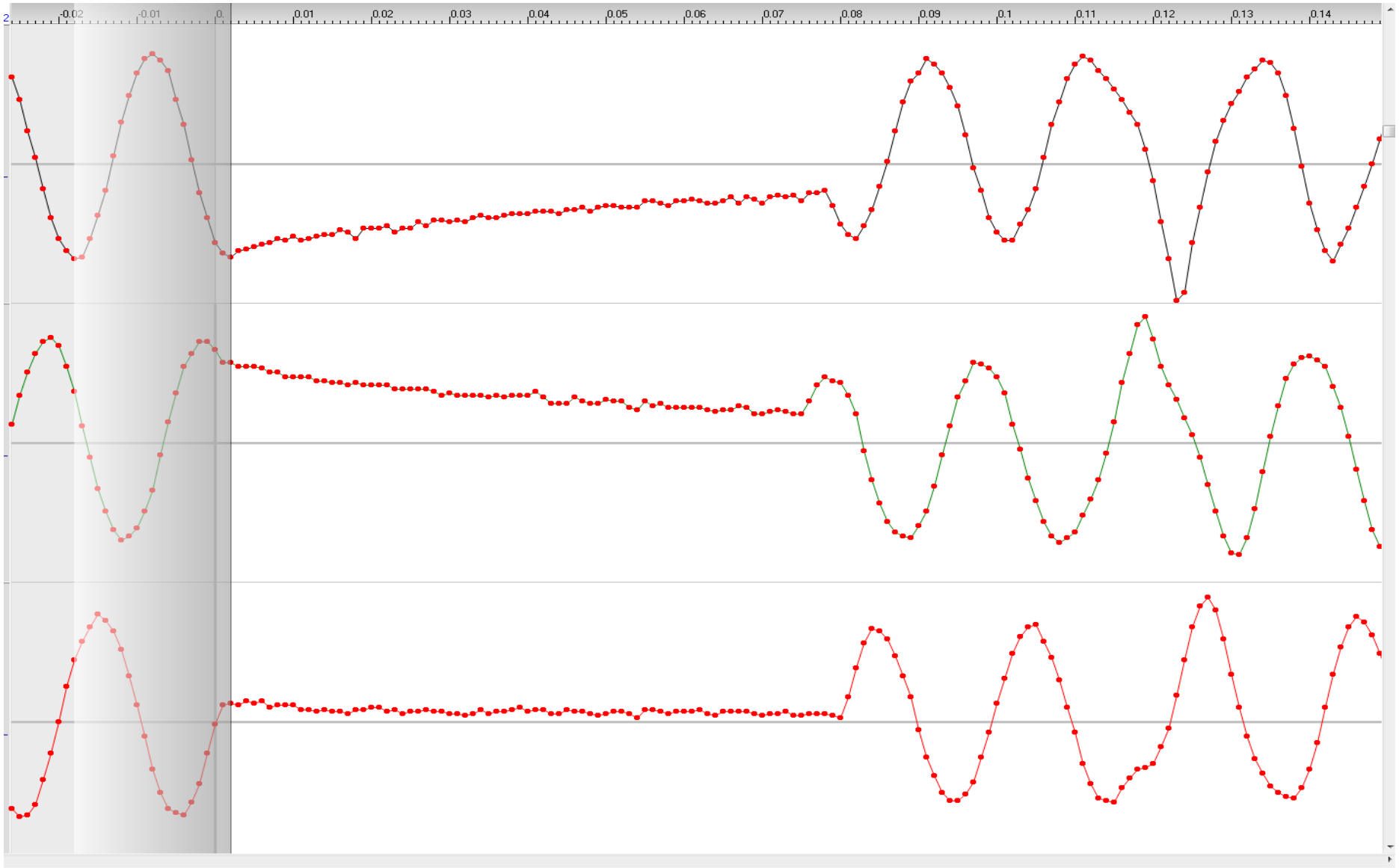
# Причины насыщения ТТ SAS 550 (TRENCH). Включение в момент времени, когда напряжение близко к нулю

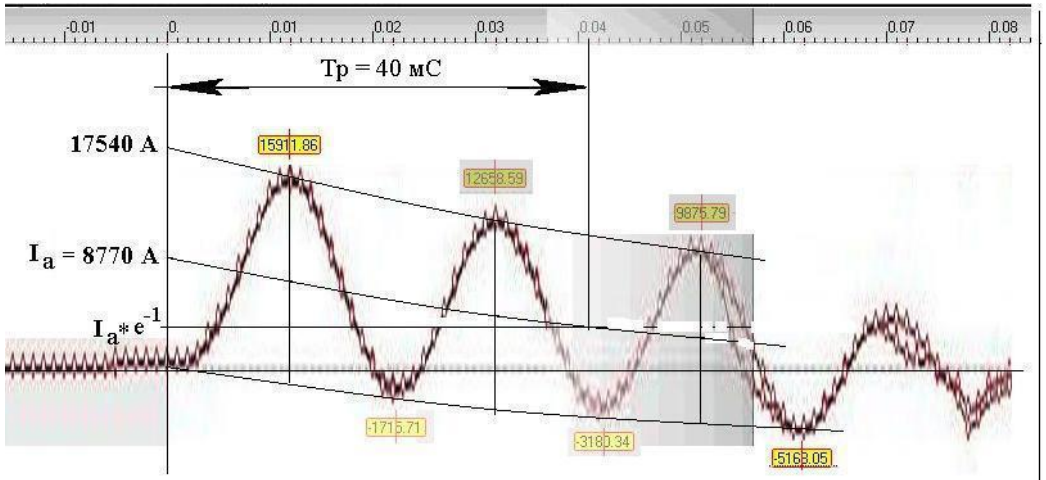




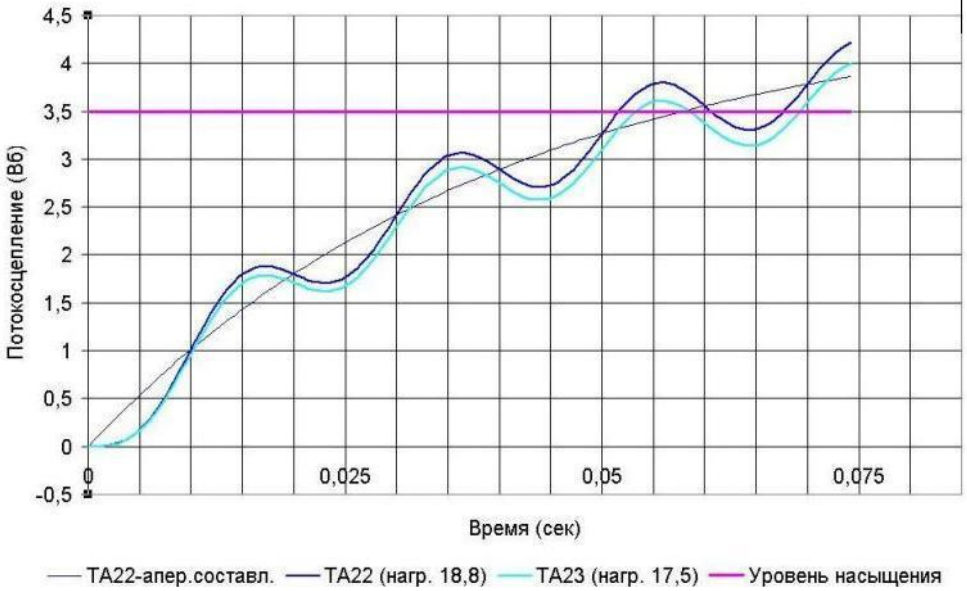
# Причины насыщения ТТ SAS 550 (TRENCH)
# Токи ШР



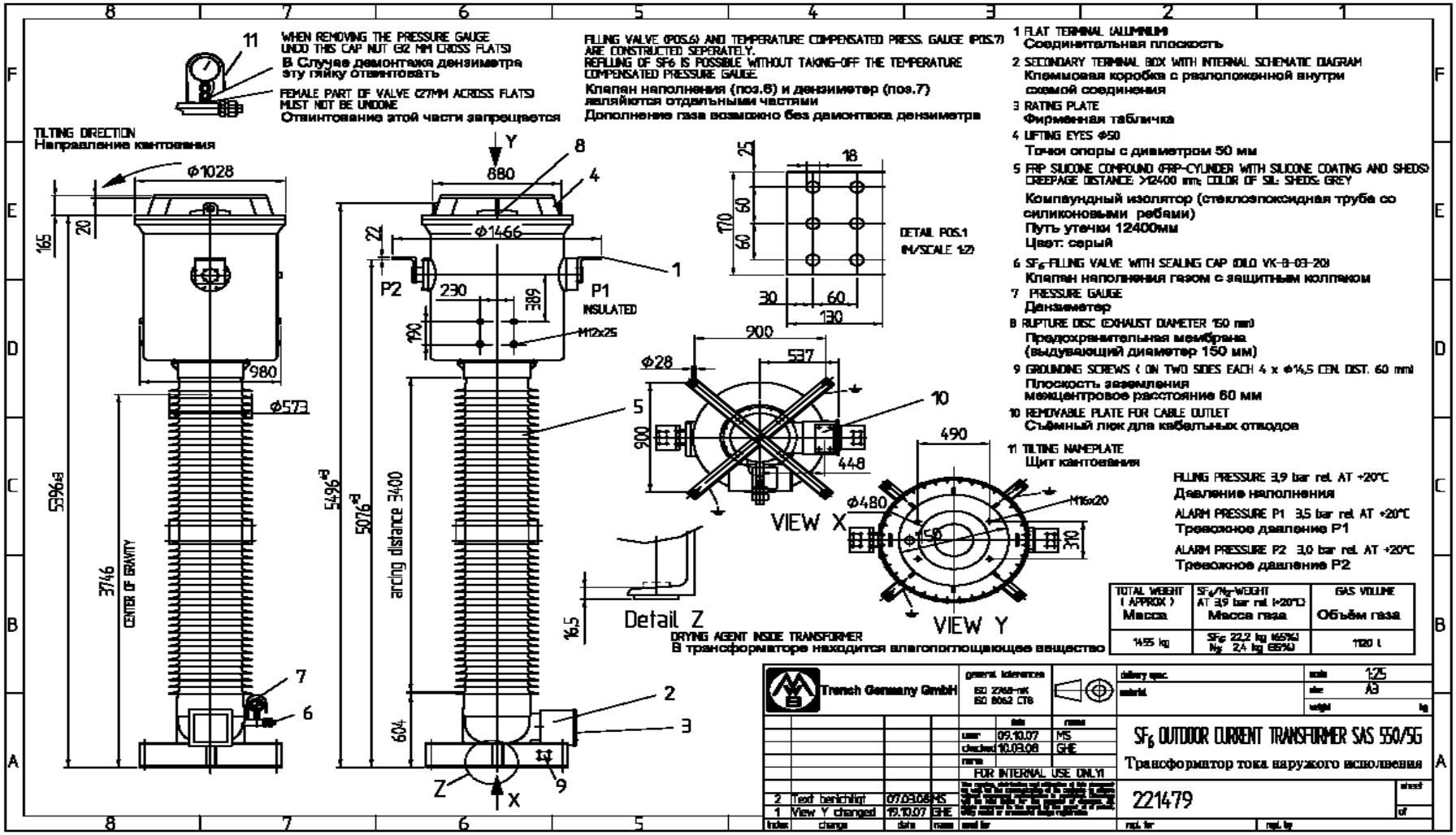




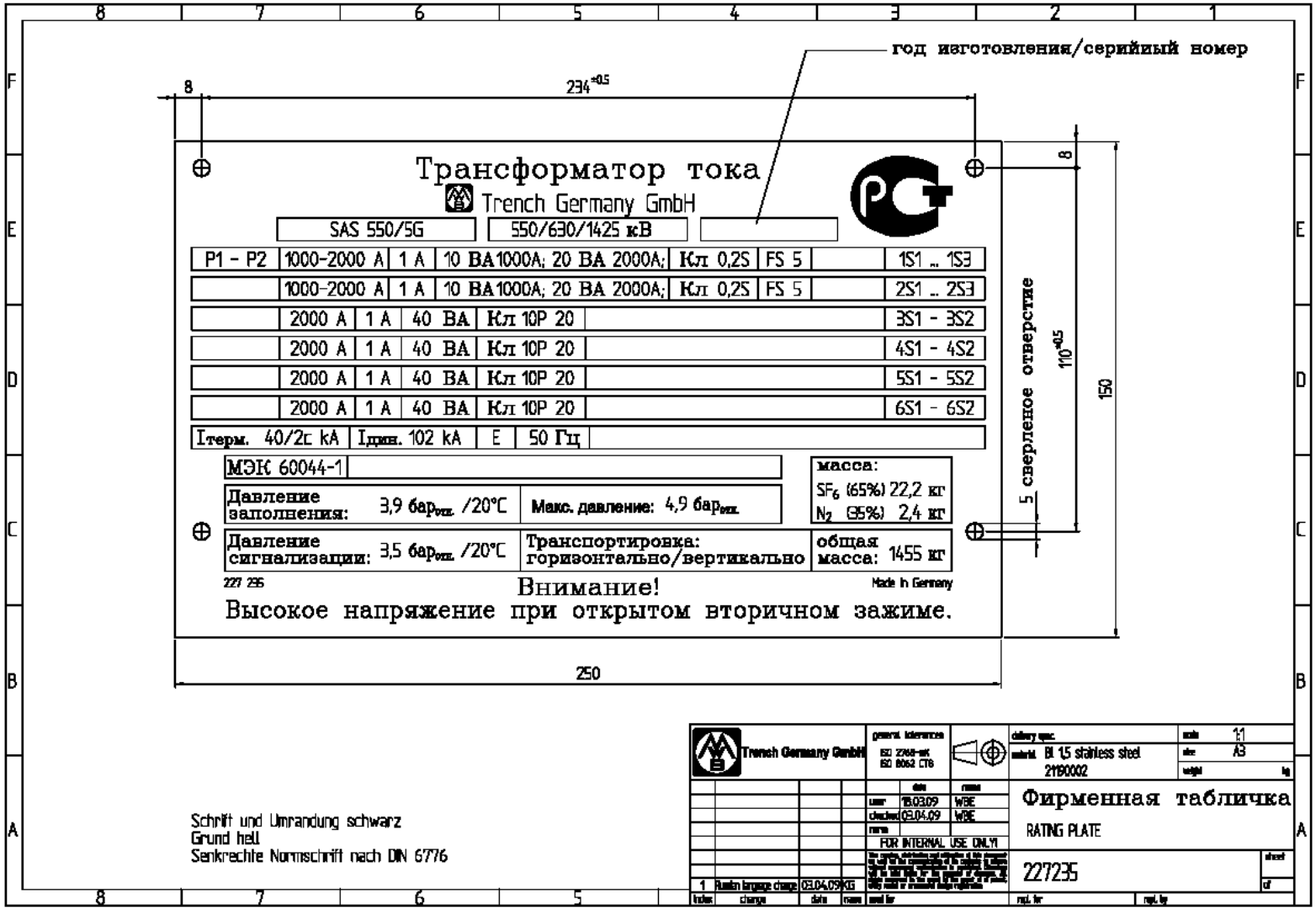

$I_{нп}$ = 6200 А, постоянная времени затухания периодической составляющей 225 мС



# Габаритный чертёж TT SAS 550



# Фирменная табличка ТТ SAS 550



# TT SAS 550 (TRENCH)

**Номинальные значения**

- Коэффициент трансформации: 2000/1
- Номинальная нагрузка: 40ВА
- Класс: 10Р
- Предельная кратность: 20 (overcurrentfactor – фактор токовой перегрузки)

**Дополнительные значения:**

- Rct: 7,3 Ом ; $R_{20}$= 6 Ом

# Определение остаточного намагничивания сердечников трансформаторов тока ТТ SAS 550



- 1. Сердечники имеют остаточную намагниченность в диапазоне от 12% до 86%.
- 2. Измерение сопротивления постоянному току прибором тип ММВ с напряжением источника 4,5 В намагничивает сердечники до 76%.

# Двухкаскадные ТТ типа ТФЗМ500 (ТФНКД-500)



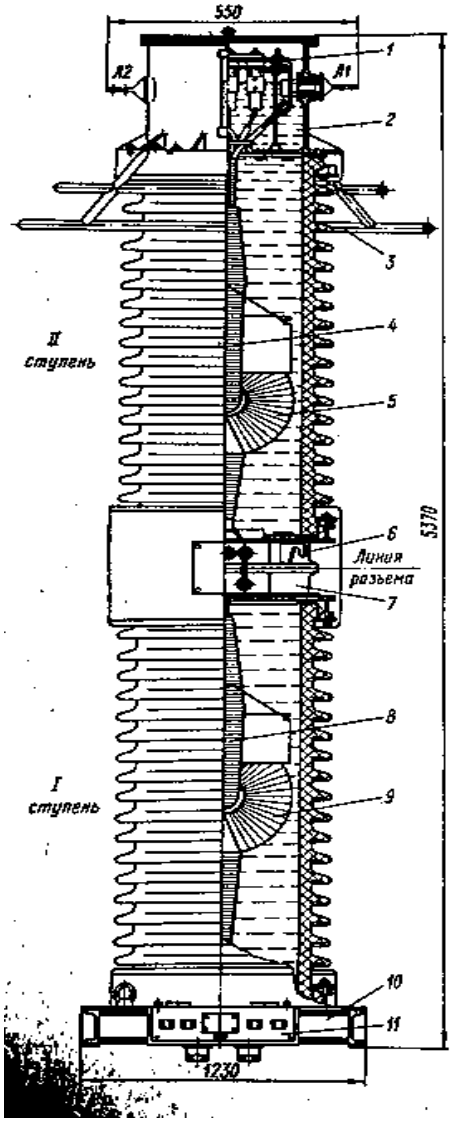
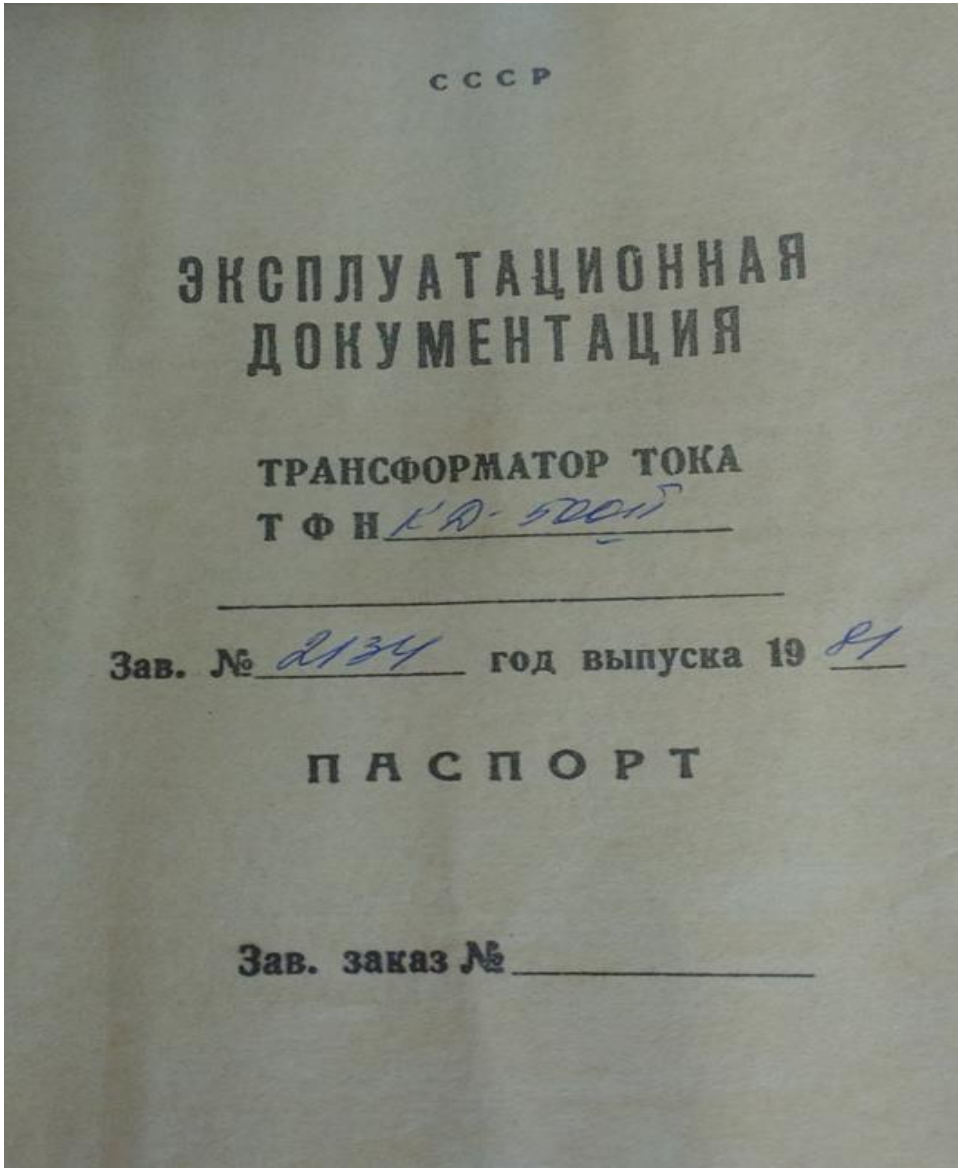


Рис. 7-4. Трансформатор тока типа ТФЗМ500

1 — переключатель числа витков; 2 — маслорасширитель; 3 — экран; 4 — первичная обмотка II ступени; 5 — вторичная обмотка II ступени; 6 — рым; 7 — цоколь; 8 — первичная обмотка I ступени; 9 — вторичная обмотка I ступени; 10 — основание; 11 — коробка или кожух с зажимами вторичной обмотки



СССР

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

ТРАНСФОРМАТОР ТОКА

ТФН КД-500Б

Зав. № 2134 год выпуска 19 81

ПАСПОРТ

Зав. заказ №

# Двухкаскадные ТТ типа ТФЗМ500 (ТФНКД-500)

## Номинальные значения

- Коэффициент трансформации: 2000/1 (2000/5, 5/1)
- Номинальная нагрузка: 75 ВА

Верхний каскад: 255 ВА (3×75 +30)

- Класс: 10Р
- Предельная кратность: 18

# Определение остаточного намагничивания сердечников трансформаторов тока ТТ ТФНКД-500



- 1. Сердечники обмоток трансформатора тока типа ТФНКД-500 II в цепи выключателя В-50 имеют остаточную намагниченность для нижних каскадов в диапазоне от 16% до 35%, верхних каскадов – от 4% до 24%.

- 2. Измерение активного сопротивления мостом постоянного тока РЗЗЗ приводит к намагничиванию сердечника вторичной обмотки нижнего каскада до 50%, проверка целостности цепи лампочкой с источником 4,5 В приводит к намагниченности сердечника вторичной обмотки нижнего каскада до 41-42% как при отсоединенном, так и при соединенном верхнем каскаде.

- 3. Измерение активного сопротивления мультиметром FLUKE 117 не привело к появлению остаточной намагниченности в сердечниках, что объясняется протеканием малых значений токов (менее 350мкА) от данного прибора при измерениях.

# Требования к размагничиванию ТТ



9.2. После сквозного тока короткого замыкания, после случайного размыкания вторичных цепей, а также после отключения линии электропередач под током магнитопроводы обмоток могут намагнититься, их погрешности возрастут. Поэтому магнитопроводы следует размагнитить.

Размагничивание производится трехкратным плавным подъемом до номинального значения и снижением до нуля первичного тока. При этом вторичную обмотку замыкают на резистор 300 Ом при $I_{2н}$ =1 А и на резистор 10 Ом при $I_{2н}$ =5 А.

Допускается у трансформатора с $I_{2н}$ =5 А размагничивание производить при разомкнутой вторичной обмотке, при этом размагничивающий ток равен 10% номинального.

**4 Техническое обслуживание**

4.1 Эксплуатацию и техническое обслуживание трансформатора производить в соответствии с 2.1.1 с учетом изложенного в настоящем разделе.

4.2 Во время работы вторичные обмотки должны быть всегда замкнуты на приборы или закорочены.

4.3 После сквозного тока короткого замыкания, случайного размыкания вторичных цепей, а также отключения линии передачи магнитопроводы обмоток могут намагничиваться, отчего погрешности трансформатора возрастут.

Для получения первоначальной точности вторичных обмоток производить размагничивание магнитопроводов одним из следующих способов:

1) трехкратным плавным подъемом до номинального значения и снижения до нуля первичного тока. При этом вторичную обмотку замыкают на сопротивление 250 Ω;

2) через вторичную обмотку, при разомкнутой первичной обмотке пропустить ток, равный 10% номинального значения вторичного тока, затем плавно снизить его до нулевого значения.

Если размагничивание магнитопроводов не производится, то предприятие – изготовитель в течение трех месяцев после прохождения тока короткого замыкания не гарантирует класс точности вторичных обмоток.

# Сравнение ВАХ ТФНКД 500 и SAS 550



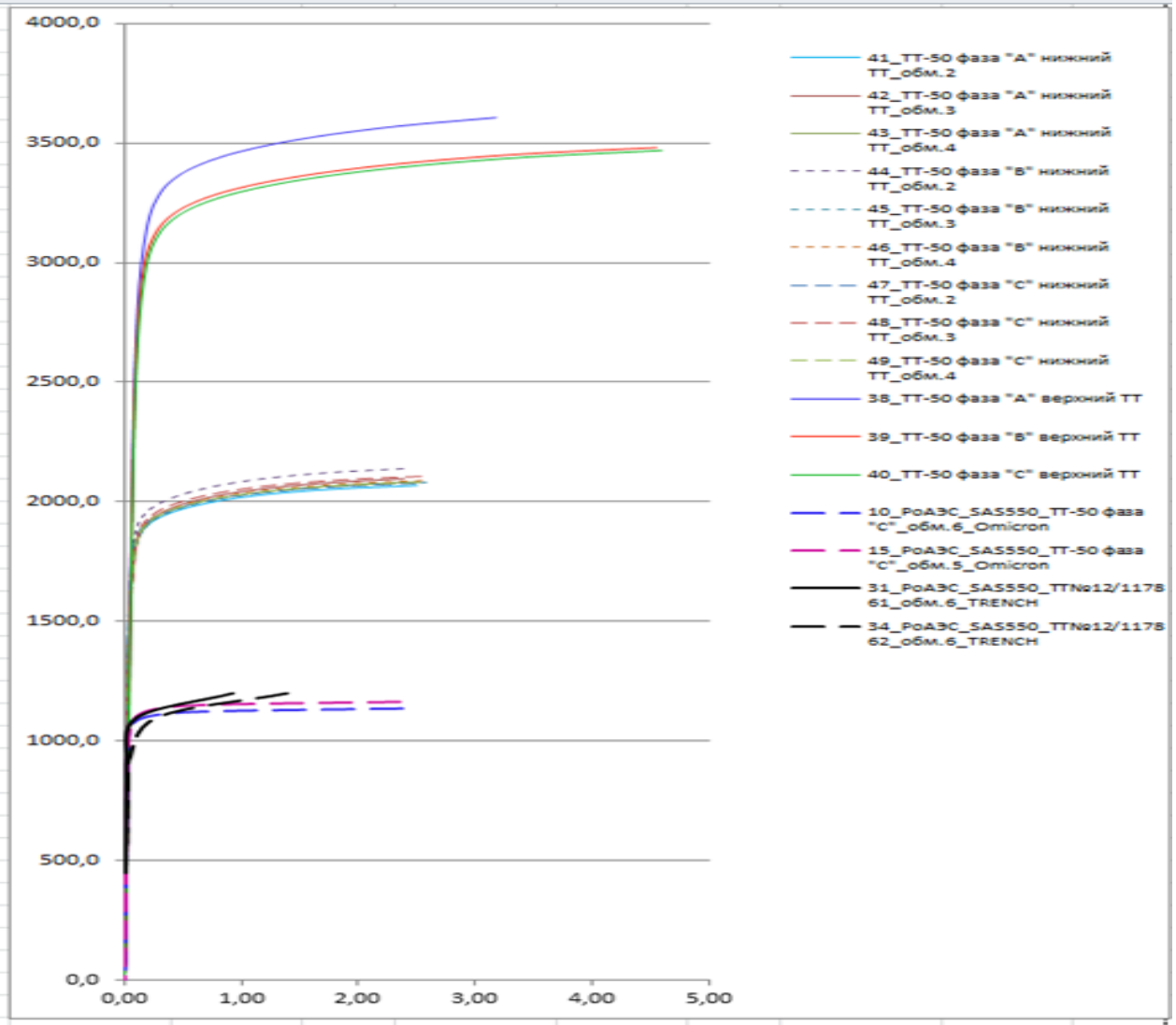



Рис.44. Сравнение ВАХ каскадного ТТ (ТФНКД 500, верхних каскадов и обмоток нижних каскадов) и ВАХ SAS550 (TRENCH), фаз "А", "В", "С", снятых Omicron и TRENCH

# ГОСТ 7746-2001



ГОСТ 7746—2001

М Е Ж Г О С У Д А Р С Т В Е Н Н Ы Й  С Т А Н Д А Р Т

## ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА

### Общие технические условия

Издание официальное

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
Минск

# ГОСТ 7746-2001



- Дополнительные требования к отдельным видам трансформаторов в связи со спецификой их конструкции или назначения (например для каскадных трансформаторов, трансформаторов, предназначенных для работы с нормированной точностью в переходных режимах, для установки в комплектных распределительных устройствах (КРУ), пофазно экранированных токопроводах) следует устанавливать в стандартах, технических условиях, договорах или контрактах (далее - стандартах) на трансформаторы конкретных типов.
- Пределы допускаемых погрешностей вторичных обмоток для защиты определяют при установившемся режиме и номинальной вторичной нагрузке

# МЭК 61869/2 (МЭК 60044/1+6)



NORME INTERNATIONALE
INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
44-6

Première édition
First edition
1992-03

**Transformateurs de mesure**

**Partie 6:**
Prescriptions concernant les transformateurs de courant pour protection pour la réponse en régime transitoire

**Instrument transformers**

**Part 6:**
Requirements for protective current transformers for transient performance

© CEI 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembé Genève, Suisse

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE X

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

COPYRIGHT © IEC. NOT FOR COMMERCIAL USE OR REPRODUCTION

IEC 61869-2

Edition 1.0 2012-09

**INTERNATIONAL STANDARD**

**NORME INTERNATIONALE**

Instrument transformers –
Part 2: Additional requirements for current transformers

**Transformateurs de mesure –**
**Partie 2: Exigences supplémentaires concernant les transformateurs de courant**

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX XB

ICS 17.220.20

ISBN 978-2-83220-293-7

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

# Пример: Расчет сердечника

## для КЗ с составляющей постоянного тока (коэфф. трансформации 2000/1)

- U = Kssc * Ktd * (Rct + Rb ) *Isn
- Kssc= Ik‘‘/In - соответствует предельной кратности у класса 5P/10P
- Ktd= Transientfaktor – учитывает намагничивание сердечника составляющей постоянного тока из тока КЗ
- Isn номинальный вторичный ток

Расчёт:

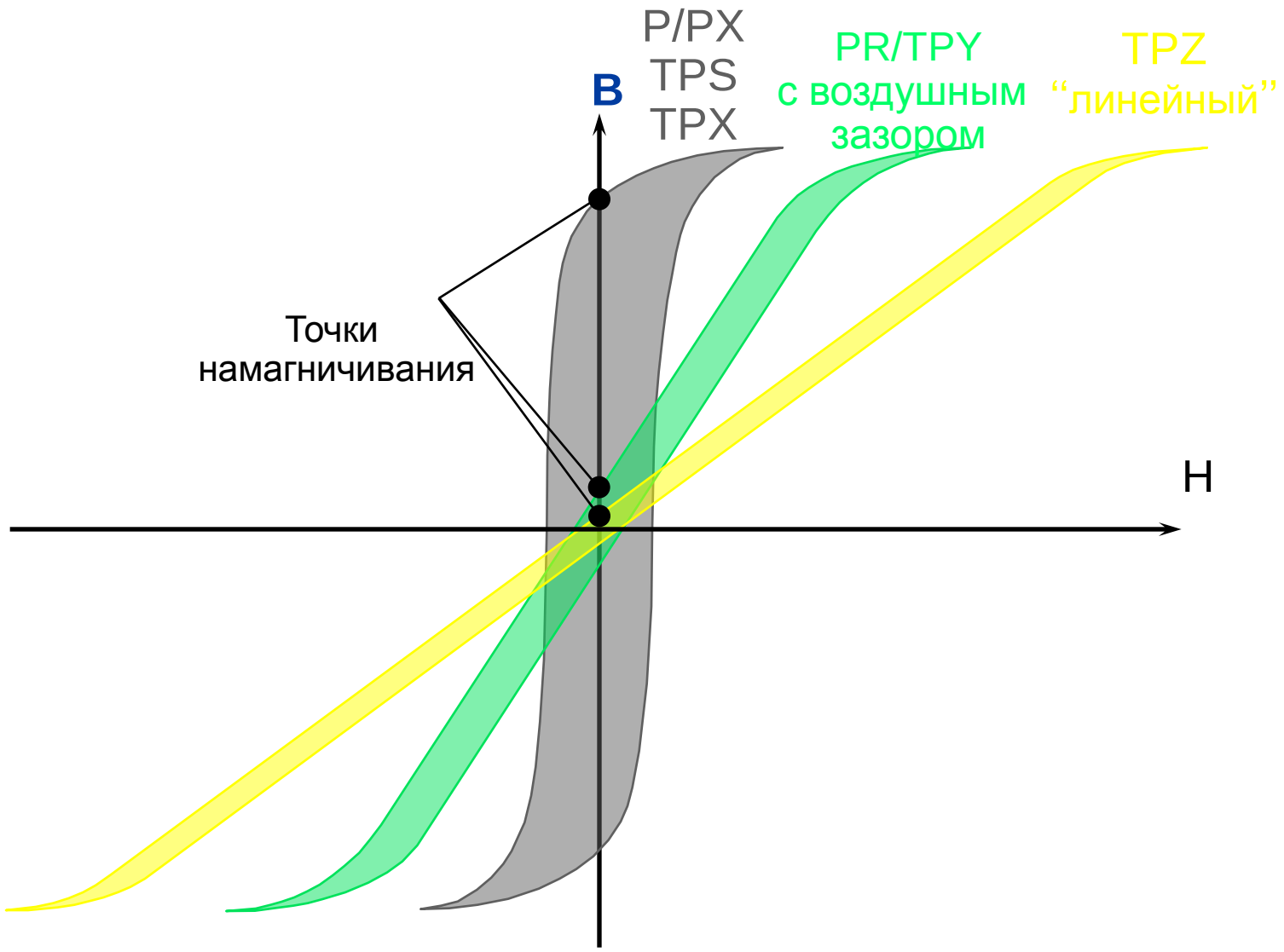
- 1 возможность: Ktd или Ktd*Kssc из руководства реле
- 2 возможность : Ktd или Kssc*Kssc по расчёту РЗА
- 3 возможность : расчёт по стандарту МЭК 61869/2 (преемник МЭК 60044/1+6) Tp=50ms (постоянная времени тока КЗ); Rct<=8 Ом; Rb=14 Ом

Серде

| t‘al / ms | Ktd | U / V |
|---|---|---|
| 10 | 3,5 | 1540 |
| 50 | 10,9 | 4800 |
| 70 | 12,7 | 5588 |
| ∞ | 15,7 | 6900 |

Tal = время „без“ насыщения

# Намагничивание (петля гистерезиса)



# Изменение индукции в ТТ при неуспешном АПВ



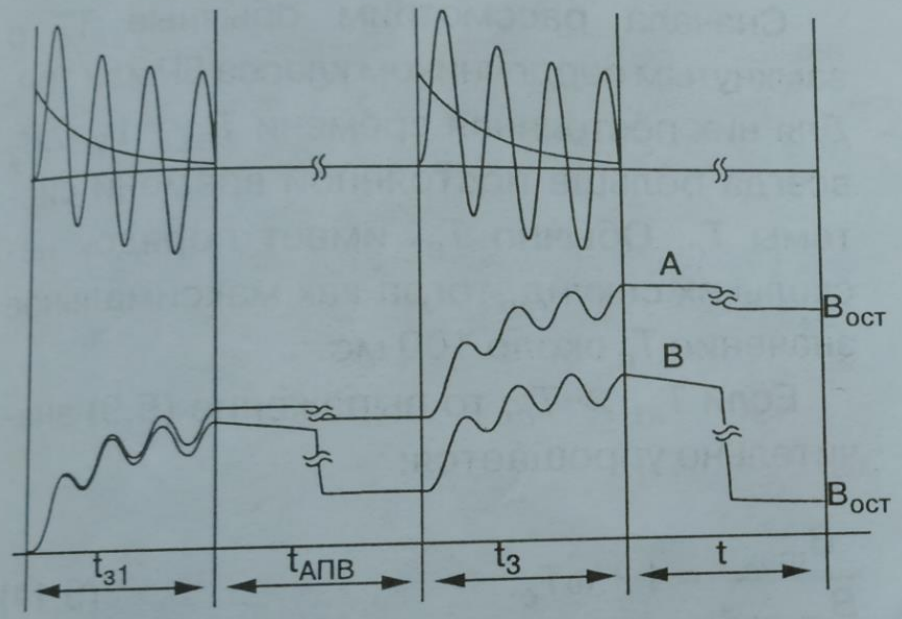



Рис. 5.9. Изменение индукции в ТТ при неуспешном АПВ

А: замкнутый стальной сердечник (TPX)

В: сердечник с воздушными промежутками для снижения остаточной намагниченности (TPY)

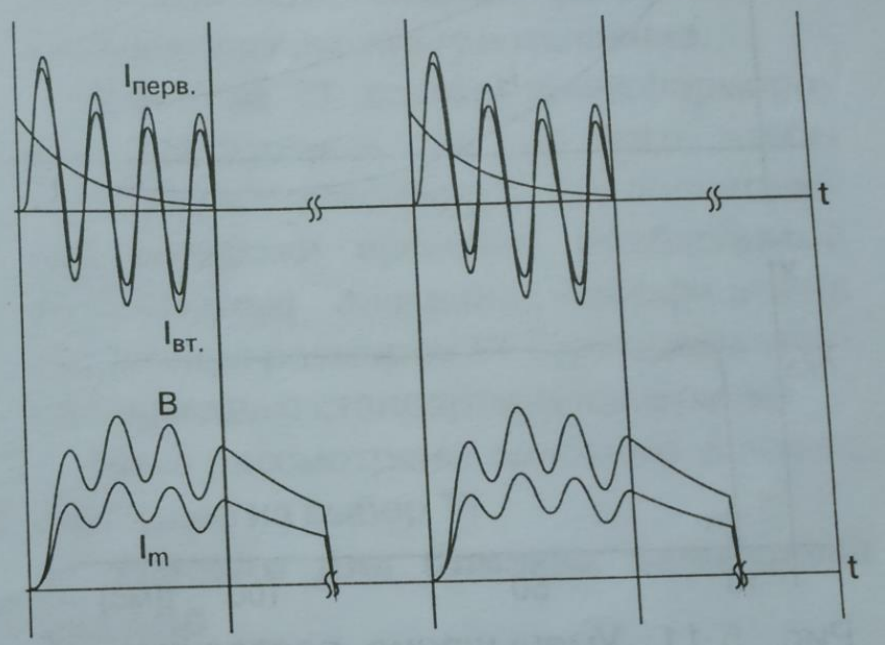



Рис. 5.10. Изменение индукции в линеаризованном сердечнике ТТ (TPZ) в случае неуспешного АПВ

# Расчёт «времени без насыщения» ТТ SAS 550 Ростовской АЭС



TRENCH

| CN_Rostov REA_20150123-2 | | Страница **1** из **2** |
|---|---|---|

Бамберг, 23.01.2015

## Расчёт «времени без насыщения» вторичных обмоток ТТ SAS 550/5G

**при заданных значениях нагрузок.**

***Прояснения используемых обозначений:***

| | |
|---|---|
| Ualc [В] | предельное напряжение для класса 5P/10P |
| Ir [A] | номинальный первичный ток |
| Rct [Ом] | сопротивление вторичной обмотки при 75°C |
| Isn [A] | номинальный вторичный ток |
| Tp [мс] | постоянная времени электрической системы |
| t'al [мс] | «время без насыщения» (корректно: время сохранения точности) |
| Ktd | коэффициент переходного режима по новому стандарту МЭК 61869-2 |
| Rb [Ом] | нагрузка |
| Kssc | коэффициент короткого замыкания |

На основании расчётов представленных АО «НИАЭП» (приложение к письму АО «НИАЭП» №40-47-2/) проведены расчёты «времени без насыщения» для нескольких значений постоянной времени электрической системы (Tp = 30, 50, 100, 120 и 150 мс) и ряда нагрузок (Rb = 3, 5, 7, 10, 12, 14 и 16 Ом).

Из расчёта АО «НИАЭП» принят диапазон нагрузок 3 - 16 Ом и коэффициент короткого замыкания Kssc = 13,31.

Расчёты проведены для следующих параметров вторичной обмотки ТТ:

| Ualc [В] | Ir [A] | Rct [Ом] | Isn [A] |
|---|---|---|---|
| 920 | 2000 | 7,51 | 1 |

Результаты расчётов представлены в нижеприведенной таблице.

***Внимание!!!!! Остаточная намагниченность в расчётах не учтена!!!***

TRENCH GERMANY GMBH

| Mail address: | Delivery address: | T +49 (0)951 1803-0 | Managing Directors: | Commerzbank AG Bamberg |
|---|---|---|---|---|
| Postfach 16 60 | Nürnberger Strasse 199 | F +49 (0)951 1803-345 | Salih Durmus, Arno von Poblocki | IBAN: DE51 7704 0080 0120 7760 00 |
| D-96007 Bamberg | D-96050 Bamberg | UID No. DE132269330 | Reg.gericht Bamberg HRB 2247 | BIC: COBADEFFXXX |

# Расчёт «времени без насыщения» ТТ SAS 550 Ростовской АЭС



«Время без насыщения» при заданных Tp, Kssc и Rb:

*(результаты округлены до полных мс)*

| Tp [мс] | | 30 | 50 | 100 | 120 | 150 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kssc | 13,31 | | | | | |
| Rb [Ом] | Ktd | t'al [мс] | t'al [мс] | t'al [мс] | t'al [мс] | t'al [мс] |
| 3 | 6,6 | 27 | 22 | 20 | 19 | 19 |
| 5 | 5,5 | 19 | 16 | 15 | 15 | 15 |
| 7 | 4,8 | 14 | 13 | 12 | 12 | 12 |
| 10 | 3,9 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 |
| 12 | 3,5 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 |
| 14 | 3,2 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 16 | 2,9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 |

# Повреждение ТТ

# Требования к техническим характеристикам ТТ SAS 550



Приложение №2 к Контракту
№_____ от
"___"_____2007
Annex No.2 to the Contract
№_____ dated
"___"_____2007

Технические характеристики

**Оборудование** ***Трансформатор тока 500 кВ типа SAS 550/5G для реконструкции ОРУ-500 кВ Волгодонская АЭС***
***Equipment Current transformer SAS 550/5G for Volgodonskaya NPP***

Адрес объекта: **г. Волгодонск, Ростовской области РФ**

| № п/п | Технические характеристики (наименование параметра)<br>Technikal characteristics | Требования (значение параметра)<br>Requirements |
|---|---|---|
| 1. | **Основные технические характеристики:**<br>**Main technical characteristics** | |
| 1.1. | Изготовитель<br>Manufacturer | Trench Germany |
| 1.2. | Заводской тип (марка)<br>Factory type (brand) | SAS550/5G |
| 1.3. | Вид внутренней изоляции<br>Internal insulation type | Элегазовый<br>SF6 gas |
| 1.4. | Тип внешней изоляции<br>Type of external insulation | полимер<br>polymer |
| 1.5. | Цвет внешней изоляции<br>Color of external isolation | Серый<br>gray |
| 1.6. | Конструкция<br>Construction | Head type CT |
| 1.7. | Количество ступеней трансформаций<br>Number of trasformation steps | 1 |
| 1.8. | Номинальное фазное напряжение, кВ<br>Rated phase voltage, kV | 500/√3 |
| 1.9. | Наибольшее рабочее фазное напряжение, кВ<br>Maximum duty phase voltage, kV | 525/√3 |
| 1.10. | Номинальная частота, Гц<br>Rated frequency, Hz | 50 |
| 1.11. | Номинальный ток первичной обмотки, А<br>Rated current of primary winding, A | 2000 |
| 1.12. | Допустимая перегрузка по первичному току, при котором сохраняется заявленный класс точности для измерительных обмоток, при температуре окружающего воздуха до +40°С, %<br>Permissible overload of primary current at which accuracy class remains for measuring windings, at ambient air temperature of up to +40°C, per cent | 20 |
| 1.13. | Ток термической стойкости, кА за 2 сек.; | 40 |

# Замена ТТ в концерне «Росэнергоатом»



И.о. Г
конц
"20"

Детальный график поставок оборудования для замены трансф
750 кВ АЭС концерна "Росэнерг

СОГЛАСОВАНО
Заместитель Генерального директора - технический директор
Н.М. Сорокин
" " 17.08 2007 г.

СОГЛАСОВАНО
Заместитель технического директора
Ф.Ю. Давиденко
"17" 08 2007 г.

Заместитель руководителя департамента научно-технической поддержки
В.Г. Самовичев
" " 2007 г.

| Наименование АЭС | Поставщик | Уровень напряжения кВ | Общее кол-во (шт) | 2007 г. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | август | сентябрь | октябрь | ноябрь | декабрь | январь | февраль |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Балаковская | TRENCH | 500 | 48 | | | | | 6 | 3 | 12 |
| | ABB | 330 | 36 | | | | | | | |
| Волгодонская | TRENCH | 500 | 39 | | | | | 6 | 3 | 12 |
| Калининская | TRENCH | 750 | 51 | 9 | 12 | 12 | 10 | 8 | | |
| | TRENCH | 330 | 51 | | | | | | | 6 |
| Ленинградская | TRENCH | 750 | 15 | | | | | | | |
| | ABB | 330 | 45 | | | | | | | |
| Нововоронежская | TRENCH | 500 | 42 | | | | | | | |
| Курская | TRENCH | 750 | 69 | | | | | | | |
| | ABB | 330 | 81 | | | | | | 9 | 9 |
| Кольская | ABB | 330 | 36 | 18 | | | 18 | | | |
| Смоленская | TRENCH | 750 | 30 | | | | | | | 4 |
| | TRENCH | 500 | 51 | | | | | 6 | 6 | |
| | ABB | 330 | 36 | | | | | | 6 | 3 |
| ВСЕГО шт. | | | 630 | 27 | 12 | 12 | 28 | 20 | 12 | 51 | 53 |
| ИТОГО ПО ГОДАМ шт. | | | | 99 | | | | | | |

Балаковская АЭС
Семенко А.В.

Смоленская АЭС

УТВЕРЖДАЮ
енерального директора
ерна "Росэнергоатом"
А.М. Локшин
03. 2007 г.

орматоров тока типа ТФРМ, установленных на ОРУ 330, 500,
оатом" на период 2007-2009 г.г.

| 2008 г. | | | | | | | | | | | 2009 г. | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| март | апрель | май | июнь | июль | август | сентябрь | октябрь | ноябрь | декабрь | январь | февраль | март | апрель | май | июнь | июль |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 12 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | |
| 9 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 6 | 6 | 24 | 3 | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | 6 | 6 | 6 | 3 | 3 | 3 | 3 | | |
| | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | | | | | |
| | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 3 | | | |
| | 9 | 18 | 18 | 18 | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 9 | | | | | | | | | | 9 | | 6 | | |
| 6 | | | 6 | 6 | | | | | | | 9 | | 6 | | 3 | 3 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | | | | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | | | | |
| 59 | 47 | 72 | 48 | 24 | 12 | 12 | 24 | 18 | | 18 | 24 | 24 | 15 | 12 | 3 | 3 |
| 432 | | | | | | | | | | 99 | | | | | | |

СОГЛАСОВАНО
Заместитель Генерально
директора-директор по
развитию
А.К. Полушкин
" " 2007 г

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора по
развитию
И.А. Мышлецов
" " 2007 г.

Руководитель департамента планирования закупок, организации и проведения конкурсных процедур
О.В. Русских
"17" 09 2007 г.

Волгодонская АЭС
А.В. Поняков

# Рабочая группа по выявлению причин излишней работы устройств РЗА (исследованию причин возникновения тока нулевой последовательности во вторичных цепях трансформаторов тока 500 кВ) при аварии на Ростовской АЭС



- Состав рабочей группы:
- ОАО «СО ЕЭС», ОАО «Концерн Росэнергоатом», ОАО «Россети», ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «РусГидро», ВНИИАЭС, НИАЭП, ОАО НПП ЭКРА, ООО «Сименс», Тренч Германия, ООО «Эльмаш» (УЭТМ), ОАО «ВНИИР».
- Причины способствующие насыщению ТТ:
- Применение элегазовых выключателей, создающих возможность включения на КЗ при минимальном напряжении сети, что приводит к возникновению максимального значения апериодической составляющей тока КЗ;
- Наличие в распредустройствах значительного количества генераторов, трансформаторов, шунтирующих реакторов приводит к длительному протеканию апериодической составляющей тока КЗ.
- Тр ≥ 100 мс

# Выводы



- Причиной излишней работы ДЗШ ПДЭ-2006 IV СШ 500 кВ Ростовской АЭС явилось насыщение ТТ В-50. Необходимо выполнить замену, так как данная защита не имеет блокировки по 2 гармонике.
- Остаточная намагниченность характерна для всех ферромагнитных материалов как производства 1980-х годов, так и для современных. Величина остаточной намагниченности не нормируется и носит случайный характер, зависит от значения тока короткого замыкания, постоянной времени и величины апериодической составляющей тока короткого замыкания, моментов его возникновения и отключения, а также от коммутаций и измерений, проводимых во вторичных цепях во время эксплуатации и наладки. Остаточную намагниченность ТТ можно устранить только выполнив принудительное размагничивание магнитопроводов.

# Выводы



- К трансформаторам тока для релейной защиты, помимо требований, изложенных в ГОСТ 7746 – 2001, должны устанавливаться дополнительные требования с учётом рекомендаций международного стандарта МЭК 61869-2, учитывающие насыщение ТТ апериодической составляющей тока КЗ.
- Необходима разработка национального стандарта, учитывающего переходные характеристики ТТ.
- Производители устройств РЗА должны определять требования к ТТ, выполнение которых гарантирует правильную работу в переходных режимах.
- В первую очередь необходимо определить время до насыщения ТТ при коротких замыканиях в распредустройствах крупных электростанций с ТТ, закупленными в течение последних 15 лет. На основании расчётов определить требования к релейной защите, обеспечивающие корректную работы релейной защиты с учётом насыщения трансформаторов тока.

# Выводы



- Выполнить проверку функционирования устройств РЗ, применяемых в РФ с моделированием аварийной ситуации на Ростовской АЭС 04.11.2014.
- Применять для проверки целостности токовых цепей и замера омического сопротивления обмоток ТТ приборы, обеспечивающие выполнение замеров без намагничивания магнитопроводов ТТ.
- Необходимо разработать предложения по корректировке алгоритма и/или схемы подключения дистанционной защиты ООО НПП «ЭКРА» при насыщении трансформаторов тока.

# Спасибо за внимание!