

ОТЧЕТ

о вводе в эксплуатацию двух статических тиристорных компенсаторов реактивной мощности типа СТК-5/40-11 для ПС 220 кВ «Горелое» МЭС Востока (г. Дальнегорск)

1. Введение

В октябре 2013 г. ЗАО «Нидек АСИ ВЭИ» в рамках реконструкции ПС 220 кВ «Горелое» МЭС Востока осуществило ввод в эксплуатацию двух статических тиристорных компенсаторов (СТК) на напряжение 11 кВ мощностью 35 Мвар каждый. Эти СТК должны заменить два работавших ранее синхронных компенсатора (СК).

СТК предназначены для:

- компенсации реактивной мощности с целью разгрузки оборудования сетей подстанции от реактивной мощности и снижения потерь в нем;
- повышения статической и динамической устойчивости энергосистемы;
- повышения качества электроэнергии.

2. Схема и основные параметры СТК

Однолинейная схема двух СТК с подключением к обоим автотрансформаторам (АТ) приведена на рисунке 1. Один СТК подключается к секции К1К сборных шин 10 кВ, соединенных с обмоткой НН подстанционного автотрансформатора АТ-1 типа 125000/220/110/10 – 68У1 мощностью 125 МВА, а второй – к секции К2К сборных шин 10 кВ, соединенных с обмоткой НН такого же автотрансформатора АТ-2.

В состав каждого СТК входят:

- трехфазная тиристорно-реакторная группа (ТРГ) мощностью 40 Мвар при напряжении 11 кВ, соединенная в треугольник, являющаяся плавно регулируемым потребителем реактивной мощности и состоящая из трехфазного высоковольтного тиристорного вентиля (ВТВ) и трех сдвоенных компенсирующих реакторов (РК);
- фильтрокомпенсирующая цепь (ФКЦ), соединенная в звезду, генерируемой мощностью 5,4 Мвар при напряжении 11 кВ, настроена на частоту 5-й гармоники. ФКЦ состоит из трехфазной конденсаторной батареи (КБ) и трехфазного фильтрового реактора (РФ);

– цифровая система управления и защит СТК, обеспечивающая управление ТРГ и коммутацию ФКЦ в соответствии с заданными алгоритмами. Состоит из шкафа управления (ШУ) и шкафа релейных защит (ШРЗ);

– система жидкостного охлаждения (СО), осуществляющая отвод и утилизацию тепловых потерь тиристорных вентилях. ШСО состоит из шкафа системы охлаждения (ШСО) и аппарата воздушного охлаждения (АВО).

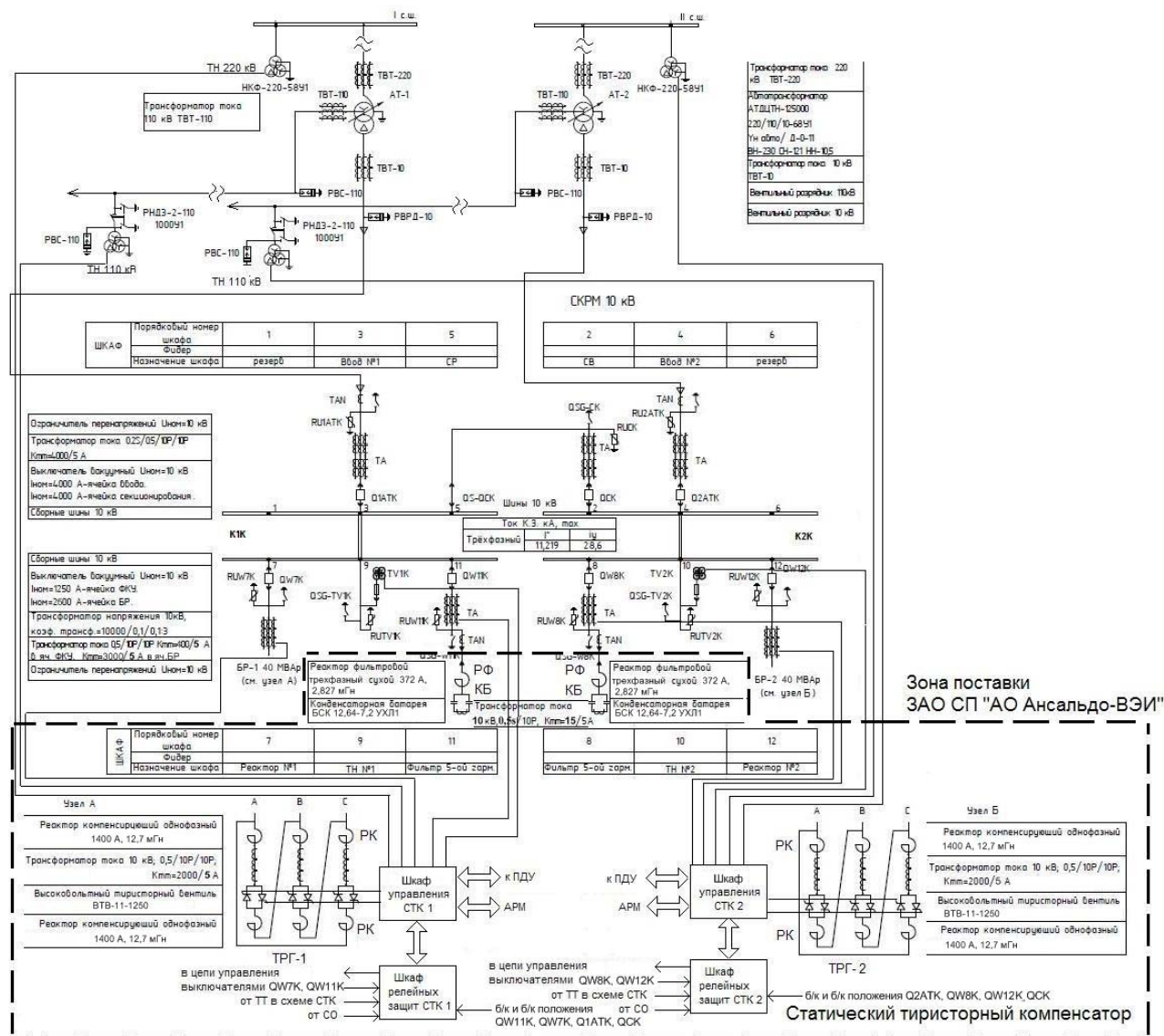


Рис. 1. Однолинейная схема СТК

Диапазон плавного регулирования реактивной мощности каждого СТК составляет +5...-35 Мвар.

Фотографии оборудования СТК, установленного на подстанции, приведены на рис.2...6.



Рис. 2. Высоковольтный тиристорный вентиль



Рис. 3. Компенсирующие реакторы



Рис. 4. Фильтрокомпенсирующая цепь



Рис. 5. Система управления СТК (ШРЗ и ШУ)



Рис. 6. Шкаф системы охлаждения

Управление СТК осуществляется в автоматическом режиме по командам оператора с автоматического рабочего места (АРМ). Для обеспечения дистанционного управления СТК на щите управления подстанции были установлены два АРМ, связанные с СУ СТК оптоволоконной связью. Система SCADA, установленная на АРМ, позволяет осуществлять дистанционный пуск и останов СТК, изменение уставок и режимов работы, индикацию режимов, неисправностей и аварийных ситуаций, протоколирование событий.

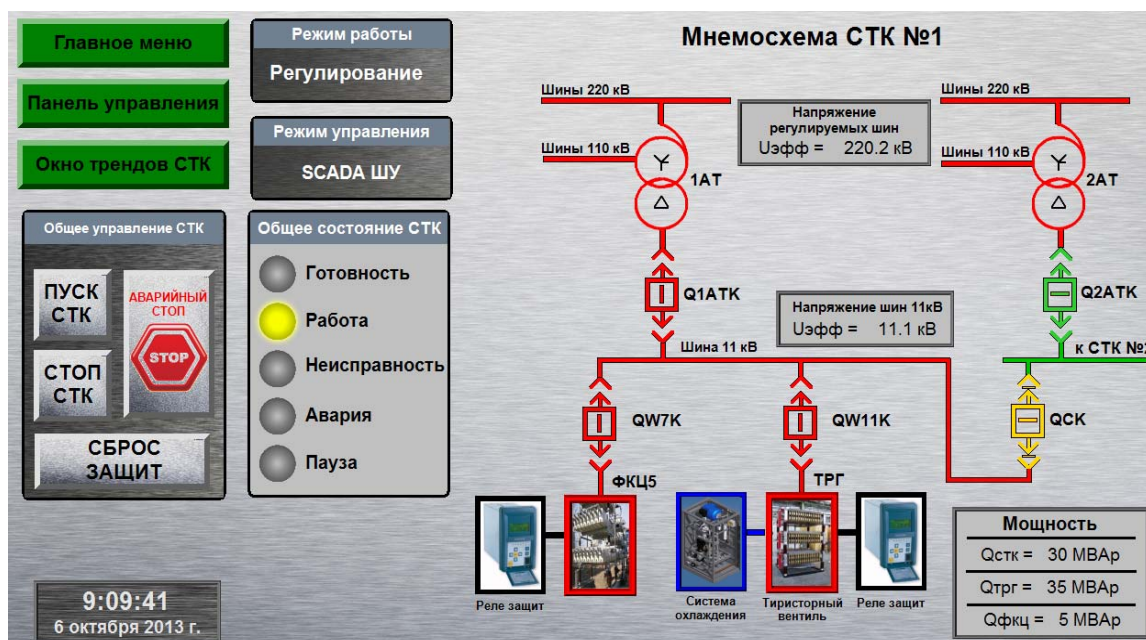


Рис.7. Внешний вид главного экрана АРМ

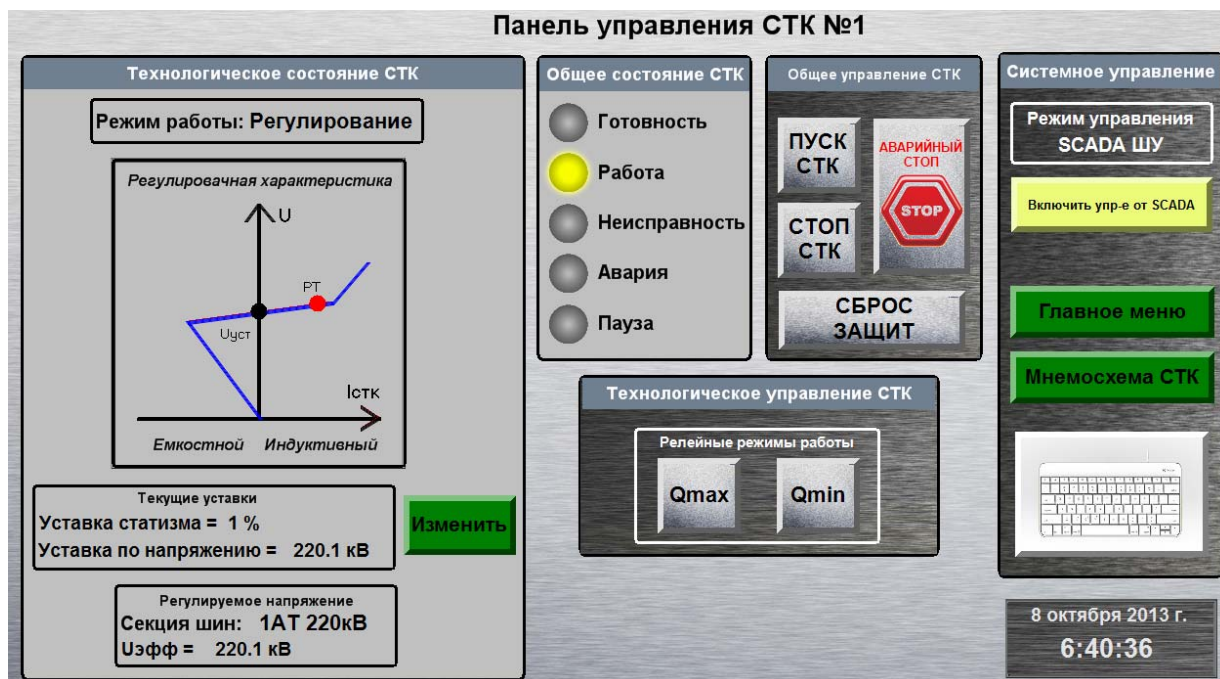


Рис. 8. Внешний вид панели управления АРМ

3. Регулятор СТК

Система управления СТК обеспечивает:

- астатическое поддержание заданной уставки по напряжению шин 110 кВ или шин 220 кВ с постоянной времени не более 0,03 с;
- диапазон изменения уставки по напряжению ± 10 %;
- диапазон изменения статизма характеристики 1 – 6 %;
- возможность выбора секции шин для регулирования 110 кВ или 220 кВ;
- автоматическое изменение уставок напряжения, статизма и коэффициентов регулирования при выборе уровня контролируемого напряжения.

Содержание высших гармоник в токе СТК не более 3 % от величины тока СТК в режиме полного потребления.

Регулировочная характеристика СТК приведена на рисунке 9.

При низком напряжении тиристоры полностью заперты и СТК генерирует мощность ФКЦ (прямая 0-1). При повышении контролируемого напряжения импульсы управления ТРГ деблокируются и его потребляемая реактивная мощность растет с ростом напряжения. При напряжении, равном напряжению уставки, реактивная мощность СТК равна нулю (точка 2). При достижении максимальной мощности ТРГ (тиристоры полностью открыты) потребляемая реактивная мощность СТК равна $Q_{тр\text{г}} - Q_{ф\text{кц}}$ (точка 3). При дальнейшем увеличении напряжения потребляемая мощность СТК растет пропорционально квадрату напряжения (прямая 3-4). Наклон рабочей части характеристики (1-3) определяется заданным статизмом.

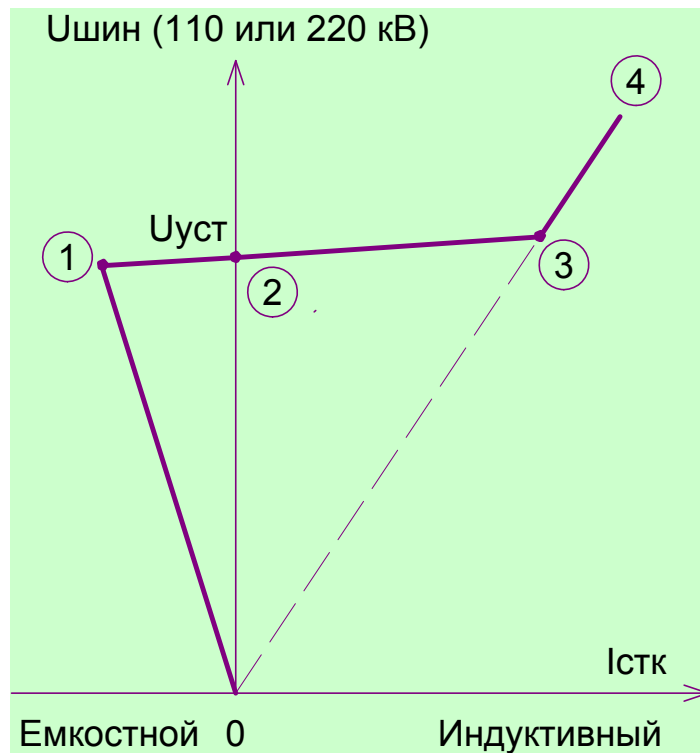


Рис. 9. Регулировочная характеристика СТК

4. Пуско-наладка и приемочные испытания

До установки СТК для поддержания необходимого уровня напряжения шин 110 кВ на ПС Горелое использовались два синхронных компенсатора (СК) мощностью 50 Мвар каждый.



Рис. 10. Синхронный компенсатор на ПС Горелое

Каждый СК был подключен к обмотке 10 кВ одного из двух подстанционного автотрансформатора. В ходе реконструкции подстанции СК должны были быть выведены из работы, а вместо них к обмоткам 10 кВ АТ-1 и АТ-2 необходимо было подключить два СТК. Все работы должны были проводиться без прекращения электроснабжения потребителей подстанции, поэтому работы по вводу двух СТК осуществлялись поэтапно.

Пуско-наладочные работы на СТК №1 и СТК №2 производились в октябре 2013 года. На первом этапе был выведен из работы СК2 и к обмотке 10 кВ АТ-2 была подключена секция шин 10 кВ СТК №2 и осуществлен ввод в работу СТК №2.

На время проведения работ по вводу СТК №2 с подачей высокого напряжения, для обеспечения стабильного напряжения на линии, оставшийся в работе СК1 был переведен в режим ручного управления. После окончания работ по вводу СТК №2 СК1 был возвращен в режим автоматического регулирования, после чего на СУ СТК была экспериментально подобрана уставка статизма, обеспечившая согласованную работу СК1 и СТК №2.

На втором этапе было произведено подключение секции шин 10 кВ СТК №1 через межсекционный выключатель QCK к секции шин 10 кВ СТК №2. Был осуществлен ввод СТК №1 в работу параллельно СТК №2 с подключением к одному автотрансформатору АТ-2.

На время опытов по проверке СТК №1 с подачей высокого напряжения СТК №2 был отключен, СК1 был переведен в режим ручного управления.

Уровень высших гармоник в токе СТК не превысил 2,5%. Время отработки ступенчатого изменения уставки по напряжению до уровня 0,9 составило 28 мс (рис.11).

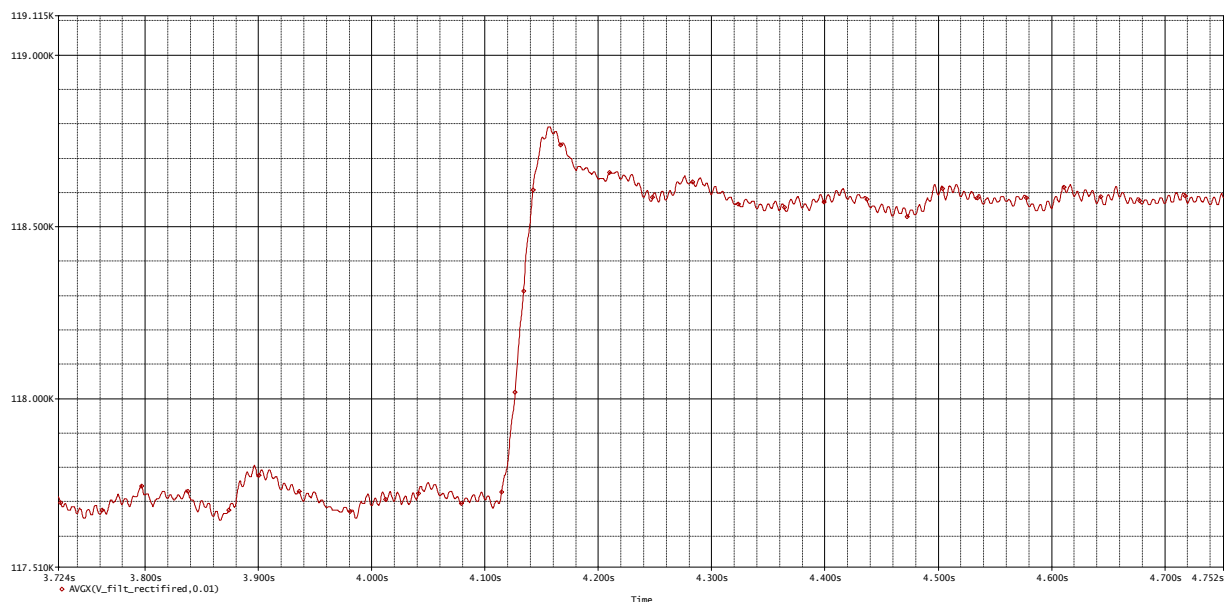


Рис. 11. Отработка регулятором напряжения скачка уставки

Для обеспечения устойчивой параллельной работы двух СТК был установлен статизм 5%. Тренды напряжения шин 110 кВ и тока СТК в длительном режиме представлены на рис. 12 и 13.

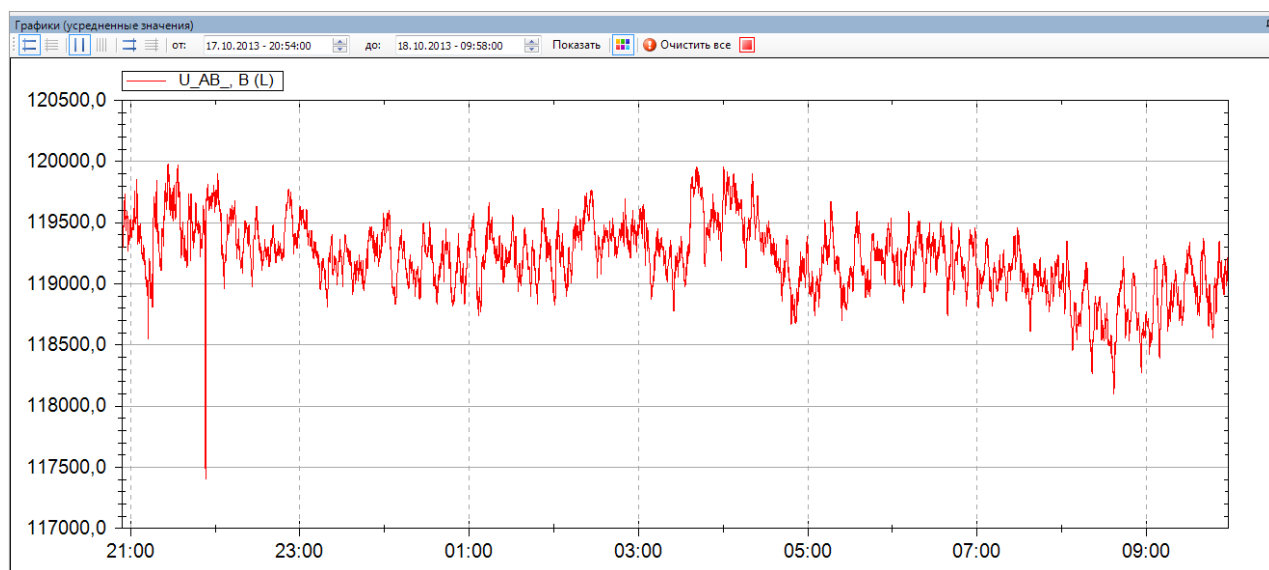


Рис. 12. Тренд напряжения шин 110 кВ при работе СТК в течение 13 часов.

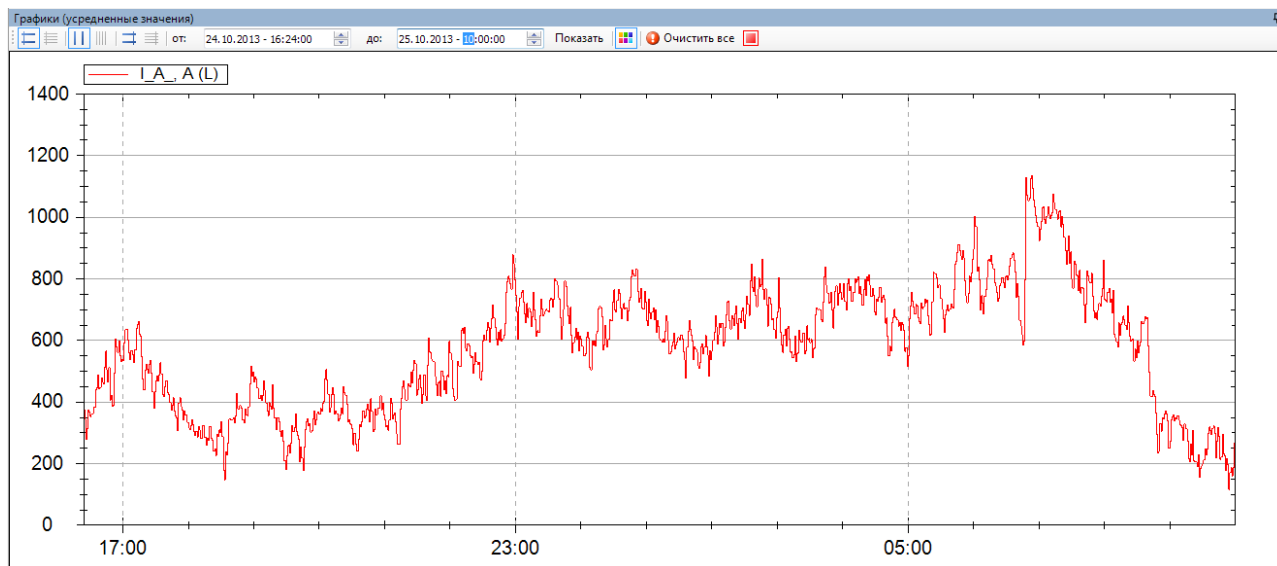


Рисунок 13. Тренд тока СТК при работе в течение 19 часов.

5. Выводы

Приемочные испытания показали полное соответствие характеристик СТК требованиям конкурсной документации.

Опыт внедрения СТК вместо синхронных компенсаторов на ПС 220 кВ Горелое показал преимущества применения СТК в электросетях: точность и быстродействие регулирования напряжения, простота в эксплуатации и управлении для обслуживающего персонала, широкие возможности автоматизации процессов.