



## Статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности



**ČKD ELEKTROTECHNIKA**

MEMBER OF ČKD GROUP



Компания ČKD ELEKTROTECHNIKA, входящая в промышленный холдинг ČKD GROUP, имеет давние традиции в области разработки и производства электротехнического оборудования, главным образом полупроводниковых систем.

Поставки оборудования в областях:

- добывающая промышленность
- металлургия
- нефть, природный газ и химия
- энергетика
- экология
- инфраструктура
- обрабатывающая промышленность

Производственная программа ČKD ELEKTROTECHNIKA включает:

- фильтро-компенсирующие устройства 6, 10, 35 кВ
- регулируемые электроприводы 6, 10 кВ
- преобразовательные подстанции для городского и железнодорожного транспорта

- выпрямительные агрегаты
- источники высокого напряжения для электростатических фильтров
- специальные решения силовой электроники
- техническая поддержка, испытания, наладка и сервисные услуги

Наши преимущества:

- ориентируемся на поставку товаров и услуг по индивидуальным проектам
- предлагаем технические решения, направленные на минимизацию общих расходов
- особое внимание уделяем сервисным услугам: послегарантийному обслуживанию, модернизации, поставке запасных частей.





## 1. ДЛЯ ЧЕГО НЕОБХОДИМА КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

- Основной нагрузкой в промышленных электросетях являются асинхронные электродвигатели, распределительные и преобразовательные трансформаторы;
- индуктивная нагрузка в процессе работы является потребителем реактивной мощности, которая совершает колебательные движения между нагрузкой и источником (генератором);
- индуктивная нагрузка не связана с выполнением полезной работы, а расходуется на создание электромагнитных полей и создает дополнительную нагрузку на силовые питающие линии.

Наличие реактивной мощности является негативным фактором, неблагоприятным для сети в целом, в результате чего:

- возникают дополнительные потери в проводниках вследствие увеличения тока
- снижается пропускная способность распределительной сети
- высшие гармонические составляющие (ВГС) создают помехи, которые негативно сказываются на работе электроприборов, микропроцессорной техники, что приводит к нарушению технологии производства и негативно сказывается на основном силовом оборудовании:
  - Трансформаторы – повышенный нагрев обмоток приводит к снижению мощности и повышенному износу изоляции. Изменение акустических характеристик (увеличение шума).
  - Кабели – повышенный нагрев, в некоторых случаях возможен пробой изоляции кабеля.
  - Двигатели – повышенный нагрев при номинальной нагрузке. Могут проявляться резонансные явления. Двигатель может работать с нестандартно высокими временными задержками. Изменение акустических характеристик (повышенный шум).
  - Конденсаторы – повышенный нагрев, пробой и разрушение конденсаторов.
  - Предохранители – ввиду негативного влияния ВГС может происходить отключение оборудования.

### Область применения фильтро-компенсирующих устройств

Фильтро-компенсирующие устройства применяются на энергоемких производствах:

- в металлургической и добывающей промышленности
- в обрабатывающей промышленности
- в железнодорожной инфраструктуре

Фильтро-компенсирующие устройства могут быть использованы с большинством электроустановок, которые потребляют реактивную энергию индуктивного характера:

- асинхронные двигатели
- трансформаторы
- индукционные и дуговые печи
- электроприводы насосов, вентиляторов и компрессоров



### Компенсация реактивной мощности позволяет:

- снизить тепловые потери тока и общие расходы на электроэнергию за счет повышения  $\cos \varphi$ ;
- уменьшить нагрузку на элементы распределительной сети (подводящих линий, трансформаторов и распределительных устройств), тем самым продлевая их срок службы;
- устранить влияние высших гармоник – обеспечить повышение производительности технологического оборудования за счет снижения аварийности, связанной с нарушением работы и выходом из строя элементов сети (кабельные линии, силовые трансформаторы), микропроцессорной техники;
- добиться большей надежности и экономичности распределительных сетей, как результат – снизить эксплуатационные издержки;
- для дуговых электросталеплавильных печей – сократить время цикла плавки, снизить расходы на электроды и футеровку, существенно уменьшить эффект фликера;
- привести в соответствие нормам ГОСТ 54149-2010 «Электрическая энергия» уровень помех в виде высших гармонических составляющих, генерируемых потребителями электроэнергии в питающую их сеть.

### Экономический эффект внедрения СТК

Работа технологического электрооборудования в условиях ненормальных режимных параметров питающей сети и значительной несинусоидальности питающего напряжения приводит к существенному экономическому ущербу, определяемому повышением энергоёмкости производства, увеличением себестоимости продукции, сокращением срока службы электрооборудования,

снижением надежности его работы, перерывами в работе систем электроснабжения. Компенсация потребляемой реактивной мощности, снижение уровня ВГС, обеспечение постоянного уровня напряжения и снижение провалов напряжения в условиях резкопеременной несинусоидальной нагрузки позволяют обеспечить значительное повышение эффективности и экономичности эксплуатационных режимов технологического оборудования.

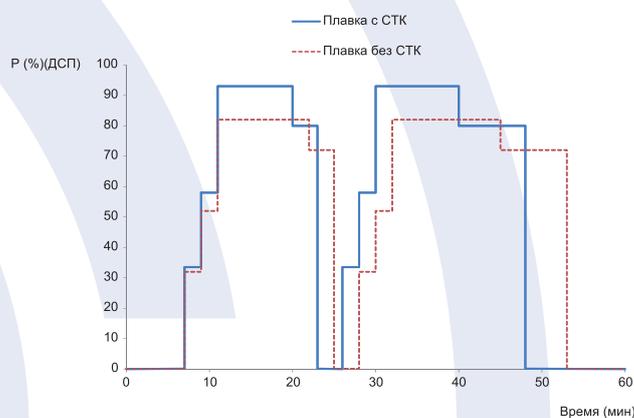
### Пример экономической эффективности внедрения СТК на электросталеплавильном производстве:

Стабилизация режима напряжения на шинах печной нагрузки, обеспечиваемая при установке СТК на шинах 35 кВ печных трансформаторов, позволяет уменьшить среднее время плавки до 15%, что позволяет обеспечить соответствующую возможность повышения производительности электросталеплавильного комплекса до 15% за счет:

- снижения расходов на оплату потребленной активной электроэнергии;
- снижения расходов на оплату потерь активной электроэнергии в трансформаторе;
- снижения расхода электродов;
- снижения потребления природного газа;
- снижения потребления кислорода.

### Примечание

Экономический эффект значительно увеличится после введения тарификации потребляемой реактивной электроэнергии.



Время плавки до и после установки СТК

#### Существующие варианты исполнения фильтро-компенсирующих устройств:

- с плавной автоматической регулировкой по току на основе управляемых тиристоров (Статические тиристорные компенсаторы – СТК)
- со ступенчатой регулировкой, как с фильтрами высших гармоник, так и без них,
- смешанный тип – ступенчатая регулировка, совмещенная с тиристорным автоматическим управлением

#### Принцип действия СТК

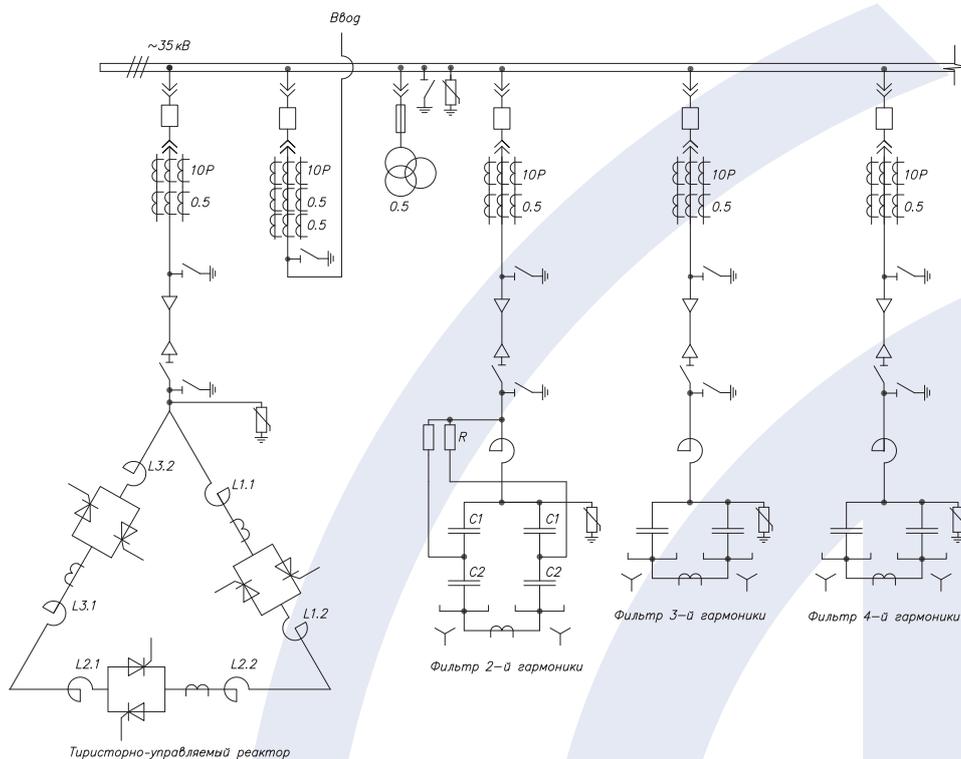
СТК является регулируемым источником реактивной мощности, подключенным непосредственно на шины потребителя.

Реактивная мощность СТК вырабатывается конденсаторами фильтров высших гармоник и равна максимальной реактивной мощности, необходимой для потребителя. Регулирование реактивной мощности производится при по-

мощи статического тиристорного компенсатора, который управляет током реакторов, компенсируя избыточную реактивную мощность конденсаторов фильтров высших гармоник. Система управления и защиты СТК обеспечивает быструю компенсацию реактивной мощности нагрузки и поддержание регулируемого параметра, выполняет защиту оборудования СТК, контроль и сигнализацию отказов и может быть модифицирована под конкретные требования Заказчика. Время реакции системы регулирования СТК на изменение регулируемого параметра составляет 5 мс для нагрузок типа ДСП и 25-100 мс для общепромышленных нагрузок и сетевых подстанций.

СТК имеет уровень автоматизации, обеспечивающий его работу без постоянного присутствия персонала.

Номинальная мощность и схема СТК выбирается для конкретного объекта в зависимости от параметров системы электроснабжения, вида и мощности компенсируемой нагрузки.

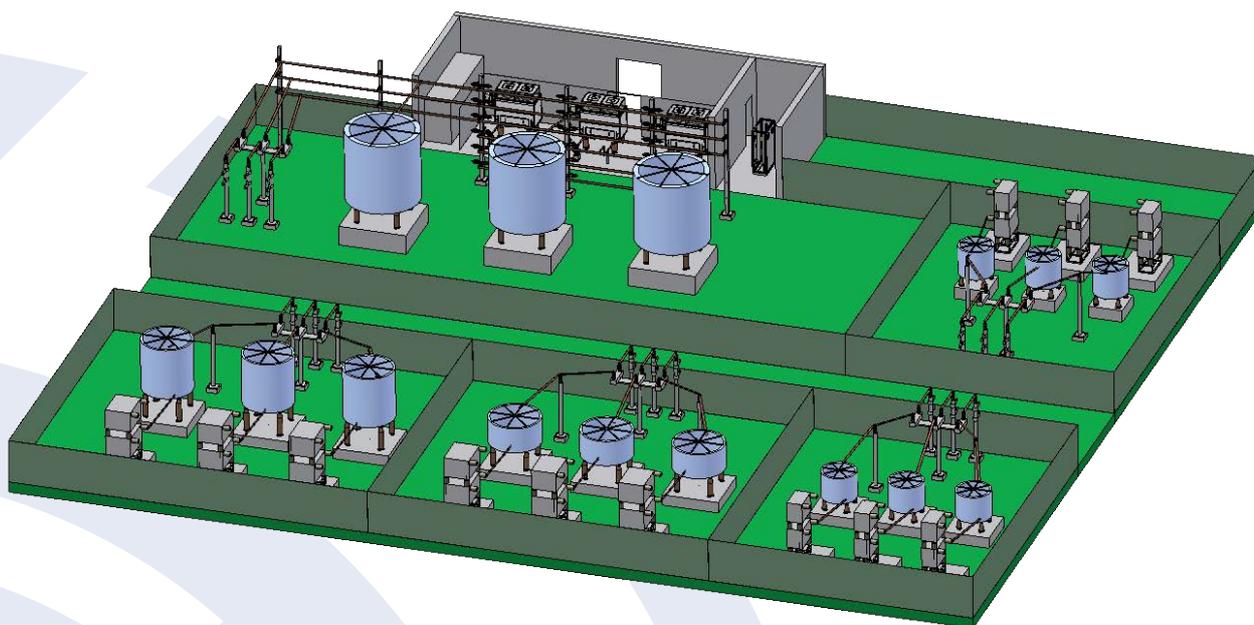


Пример электрической схемы СТК для дуговой сталеплавильной печи

## Основные компоненты СТК:

- Тиристорноуправляемый реактор (ТУР), состоит из 3-х фазного тиристорного преобразователя и 3-х реакторов. Силовая часть тиристорного преобразователя образована одним или несколькими модулями производства ČKD типа COMPACT:
  - Обеспечивает регулирование тока реактора путем изменением угла закрытия тиристоров.
- Конденсаторные батареи:
  - Являются источником реактивной мощности СТК
- Реакторы:
  - Ограничивают бросковые токи совместно с конденсаторной батареей
  - Создают резонансные цепи, подавляющие высшие гармоники
- Шкаф управления и защиты MODULEX:
  - Обеспечивает управление ТУР и коммуникацию с вышестоящей системой
  - Защиту фильтров
  - Управление воздушной системой охлаждения тиристорных вентилялей.

## Пример размещения оборудования СТК



Тиристорный преобразователь и шкаф управления СТК размещаются в закрытом помещении. Компенсирующие реакторы и фильтры ВГС размещаются вне здания на открытой площадке.



### 3.1. Управляемый тиристорный преобразователь с воздушной системой охлаждения

Тиристорный преобразователь является основным элементом СТК, регулирующим ток компенсирующих реакторов и, соответственно, реактивную мощность СТК. Он состоит из 3-х блоков (каждый блок на одну фазу). Блок состоит из оптических тиристоров, RC-цепочек, устройств сигнализации включения тиристоров и стяжной конструкции. Количество тиристоров, соединенных в серии, определяет рабочее напряжение преобразователя. Регулятор посылает электрические включающие импульсы в оптоэлектронику, где эти импульсы переводятся в оптический сигнал. Этот сигнал далее идет по оптическому кабелю

непосредственно в тиристоры. Таким образом оптоэлектронный регулятор обеспечивает правильное включение всех необходимых тиристоров, соединенных в серию. Также обеспечивается анализ сигналов о включении тиристоров. Оптический тиристор защищен от перенапряжения системой на лавинных диодах (BOD), которая обеспечивает принудительное включение тиристора при отсутствии импульса зажигания. Охлаждение тиристоров и демпфирующих резисторов осуществляется с помощью воздуха – вентилятором.

#### Типовые решения тиристорных преобразователей

№ п/п	Обозначение	Напряжение, кВ	Мощность ТРГ, МВАр
1	СК3	6	до 5,4
2	СК4	6	5,4 - 12,6
3	СК5	6	12,4 - 27
4	СК6	10	до 5,4
5	СК7	10	5,4 - 12,4
6	СК8	10	12,4 - 27
7	CVK1	27,5	до 5,4
8	CVK2	35	до 5,4
9	CVK3	35	31,5 - 73,5

#### Исполнение СК3-СК8



Трехфазный тиристорный преобразователь для СТК 6.3, 10 кВ

#### Исполнение CVK2



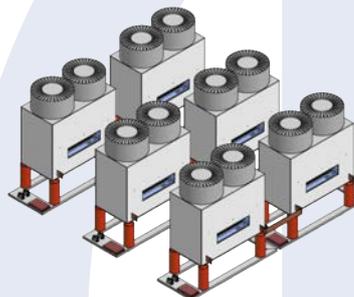
Силовой блок (одна фаза) трехфазного тиристорного преобразователя для СТК 22/27.5/33/35 кВ (более 300 А)

#### Исполнение CVK1



Силовой блок (одна фаза) трехфазного тиристорного преобразователя для СТК 22/27.5/33/35 кВ (до 400 А)

#### Исполнение CVK3



Пример размещения трехфазного тиристорного преобразователя для СТК 35 кВ, 110 МВАр

### 3.2. Главные преимущества системы воздушного охлаждения

Система охлаждения тиристорных преобразователей в устройствах широкого спектра применения производства ČKD ELEKTROTECHNIKA основано на использовании тепловых трубок ALTRA собственного производства.

Система воздушного охлаждения имеет ряд преимуществ по сравнению с жидкостным охлаждением:

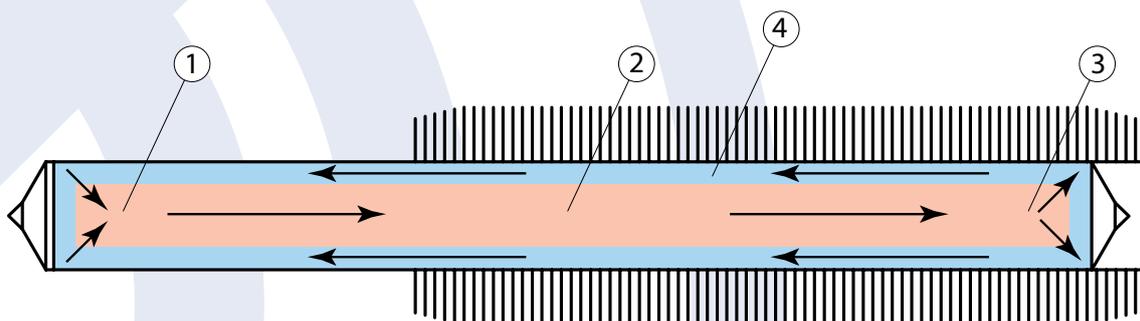
- Надежность оборудования
  - система воздушного охлаждения является менее сложной, по сравнению с жидкостными системами. Для исправного функционирования охлаждения на основе тепловых трубок не требуется дополнительная электроника, механические и вращающиеся компоненты, вследствие чего повышается надежность оборудования, снижаются эксплуатационные издержки
  - используемые в преобразователях ČKD ELEKTROTECHNIKA тепловые трубки работают в замкнутом цикле без принудительной циркуляции охлаждающей жидкости. Компонентами системы являются только тепловые трубки и вентиляторы для отвода нагретого воздуха
  - воздух, проходящий через силовой блок, охлаждает не только тепловые трубки, но также и другие компоненты - конденсаторы, резисторы и т.д.
- Простота обслуживания и эксплуатации
  - тепловые трубки абсолютно герметичны и не нуждаются в дополнительном обслуживании
  - использование воздушного охлаждения исключает применение дополнительного оборудования для очистки используемой жидкости, гидравлического хозяйства, труб, муфт и т.д.



Внешний вид охладителя (тепловой трубки) ALTRA

#### Термальный цикл тепловой трубки

- 1) Рабочая жидкость испаряется в пар, поглощая тепловую энергию
- 2) Пар перемещается по полости в холодный конец трубки
- 3) Пар конденсируется в жидкое состояние, высвобождая тепловую энергию
- 4) Рабочая жидкость возвращается в горячее основание тепловой трубки



### 3.3. MODULEX – шкаф управления и защиты

По своему функциональному назначению шкаф управления и защиты MODULEX предназначен для следующих задач:

- реализация динамической компенсации реактивной мощности;
- регулирование  $\cos \varphi$ ;
- симметрирование сети (подавление обратной составляющей токов)



Шкаф MODULEX

- формирование серии управляющих импульсов на основании информации от измерительных трансформаторов тока, напряжения, защит небаланса;
- реализация защит:
  - от сверхтоков;
  - коммутационных перенапряжений;
  - от перегрева тиристоров.

Управление шкафа MODULEX осуществляется:

- в режиме местного управления с помощью кнопок и переключателей, а также с помощью сенсорного дисплея на панели управления EasyView, размещенных на передней панели шкафа управления.
- в режиме дистанционного управления с помощью внешних беспотенциальных контактов
- дистанционно по цифровому интерфейсу RS485 (протокол Modbus)

В основу логики управления положен контроллер собственной конструкции ЧKD ELEKTROTECHNIKA – EMADYN. Контроллер EMADYN может управлять работой нескольких высоковольтных выключателей, служащих для подключения фильтров высших гармоник и ТРГ. Цепи питания шкафа MODULEX рассчитаны на питающее напряжение 220/380 В  $\pm$  10%, 50Hz. Цепи управления выполнены на 220 В постоянного тока.



Контроллер EMADYN

### 3.4. Реакторы наружной установки

Реакторы соединены с конденсаторами в настраиваемых фильтрующих цепях для уменьшения, блокировки, фильтрации высших гармонических составляющих.

Реакторы имеют самонесущую конструкцию с обмотками с воздушным охлаждением. Класс нагревостойкости изоляции обмоток F.

Обмотки реакторов выполнены либо без ответвлений, либо с ответвлениями, в зависимости от необходимости обеспечить требуемую индуктивность посредством переключения без нагрузки.

Обмотка состоит из параллельных алюминиевых проводников, изолированных стеклотканью, намотанных на алюминиевую крестообразную конструкцию, имеющую верхние и нижние кронштейны.

Реакторы имеют верхние кронштейны, предназначенные для их подъема и крепления при транспортировке, а также нижние кронштейны для монтажа к изоляторам, зафиксированных на бетонном фундаменте.



### 3.5. Конденсаторные батареи

- используются надежные конденсаторы мощностью 600 - 800 кВАр, напряжением до 20 кВ, наружной установки, с встроенными секционными плавкими предохранителями и разрядными резисторами
- поставляются комплектно в виде блоков конденсаторов с необходимым набором изоляторов и ошиновки, трансформатором тока небалансной защиты, защитами от перенапряжения (опция)





## 4. ЭТАПЫ ВНЕДРЕНИЯ СТК

### Подготовительный этап

#### Измерения сети предприятия

Инструментальные замеры в условиях заводской сети высокого напряжения, включают в себя измерения основных показателей качества электроэнергии (гармоник напряжения и тока, симметрии и колебаний напряжения, перетоки мощностей, коэффициенты мощности основных гармоник, активную и реактивную мощность, переходные процессы). Замеры ориентированы на нахождение технических решений по улучшению качества электроэнергии или на получение оптимальной системы компенсации. Результаты измерений обрабатываются при помощи специального программного обеспечения в наглядное графическое исполнение и оформляются протоколом измерений, направленным на их практическую реализацию. Протокол заканчивается простыми и наглядно сформулированными выводами.

#### Техническое решение

Технические решения по применению оборудования повышения качества электроэнергии. Предложение возможных исполнений с учетом реальных условий эксплуатации и возможных режимов работы, предложения по модернизации существующего оборудования

### Поставка оборудования (стандартная комплектация)

- Исходная документация для проекта
- Тиристорный преобразователь
- Компенсирующие реакторы
- Конденсаторные батареи и реакторы фильтров
- Блок автоматического управления и защиты СТК
- Кабельные жгуты для вспомогательных и включающих импульсов
- Сопроводительная техническая документация на чешском и русском языке
- Запасные части
- Шеф-монтаж
- Пуско-наладка
- Обучение персонала
- Гарантийное обслуживание

### Дополнительные возможности поставки

- Проектные работы
- Поставка дополнительного оборудования, изделий и материалов в комплекте
- Поставка силовых кабелей
- Монтажные и монтажные работы



Одним из ключевых моментов нашего успеха является предоставление заказчикам качественных услуг включающих технический сервис, поставки запасных частей и всесторонние программы обслуживания оборудования в течение всего срока службы.

При вводе в эксплуатацию оборудования, ČKD предоставляет полный курс обучения специалистов заказчика.

- сервисные команды оснащены передовыми технологиями и охватывают всю территорию Европы и Азии, с возможностью действия и в прочих областях, в том числе посредством удаленного доступа.
- ČKD ELEKTROTECHNIKA, a.s. предлагает включить в оборудование аппараты для удаленного доступа, при помощи которых, заказчик или сервисная служба может проводить удаленный контроль оборудования (через Интернет или сеть GSM).
- Наши клиенты могут скачивать файлы с информацией из регуляторов и отправлять их для

анализа или проведения изменений ПО в головной офис ČKD ELEKTROTECHNIKA, a.s. в Праге. После анализа и проведения необходимых изменений технический отдел вышлет заказчику измененные программы или рекомендации по проведению необходимого ремонта оборудования.

- ČKD ELEKTROTECHNIKA, a.s. гарантирует проведение сервисных услуг исключительно высококвалифицированными специалистами.
- ČKD ELEKTROTECHNIKA, a.s. гарантирует выезд технического специалиста для проведения сервисных услуг в течение 24 часов в рабочие дни, при обращении заказчика в выходные или праздничные дни – специалист выезжает в первый рабочий день.
- Сервисные услуги на территории Российской Федерации обеспечиваются инженеринговым и сервисным центром – ООО «ЧКД ЭЛЕКТРОПРОМ» (г. Екатеринбург, г. Челябинск).





## 6. ИЗБРАННЫЕ РЕФЕРЕНЦИИ

Заказчик	Страна	Технические параметры		Год	Объем поставки
		напряжение	мощность		
Волгоцеммаш	Россия	35 кВ	70 МВАр	2013	Комплект СТК для ДСП
Металлургический Завод Poldi Hutte	Чешская Республика	22 кВ	16 МВАр	2012	Комплект СТК для ДСП
Белорусский Металлургический Завод	Беларусь	33 кВ	32 МВАр	2012	Комплект СТК для установки «печь-ковш»
Инжиниринг-Комплект (для ОАО Норильский Никель)	Россия	6 кВ	1,5 МВАр	2012	Устройство компенсации реактивной мощности KVAR-H – 2 компл.
Тяговая подстанция Мыто	Чешская Республика	27,5 кВ		2011	Комплект СТК для железных дорог
Сандвик , трубопрокатный стан Хомутов	Чешская Республика	6 кВ	1 МВАр	2010	Реконструкция СТК
Павлоградуголь	Украина	6,3 кВ	2,5 МВАр	2010	Комплект СТК для шахты «Героев Космоса»
Еврохим-Волгакалий Гремячинский ГОК	Россия	10,5 кВ		2010/2012	Два комплекта СТК для скиповой и клетевой шахты
Тяговая подстанция Клатовы	Чешская Республика	27,5 кВ		2009	Комплект СТК для железных дорог – технология без трансформатора
Тяговая подстанция Плана у Марианских Лазни	Чешская Республика	27,5 кВ		2009	Два комплекта СТК для железных дорог
Тяговая подстанция Здице	Чешская Республика	27,5 кВ		2009	Два комплекта СТК для железных дорог
OKD, Шахта Дарков	Чешская Республика	27,5 кВ		2009	Реконструкция системы управления и контроля СТК
Тяговая подстанция Йиндржихов	Чешская Республика	27,5 кВ		2009	Комплект СТК для железных дорог – технология без трансформатора
Тяговая подстанция Бенешов у Праги	Чешская Республика	25 кВ		2009	Комплект СТК для железных дорог



В 2012 г. на Белорусский Металлургический Завод был поставлен комплект СТК для установки „печь-ковш“, 33 кВ, 32 МВАр