

## КОМПЛЕКТНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

Асылханов А.Б., Ким Д.Э.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Одним из наиболее экономичных и эффективных технических решений для электроснабжения строительных и промышленных объектов являются **комплектные трансформаторные подстанции (КТП)**. На рис.1 показан КТП [1].



**Рис. 1.** Комплектная трансформаторная подстанция

Устройства принимают, преобразовывают и распределяют электроэнергию переменного тока частотой 50 Гц. Мощности производства КТП призваны удовлетворить потребность различных объектов и даже населенных пунктов в электроснабжении и учете электроэнергии. Высокие эксплуатационные характеристики моделей КТП сочетаются с такими их преимуществами, как доступная цена, оперативность монтажа-демонтажа и легкость запуска. Все изделия соответствуют требованиям государственных стандартов и международной системы ИСО 9001.

**Назначение и применение.** В настоящее время подстанции поставляются для самых разных отраслей экономики, где посредством КТП преобразуется и распределяется электроэнергия. Это, прежде всего, железнодорожное хозяйство, строительство, промышленность, предприятия ЖКХ и т. д.

В основе КТП используется силовой трансформатор. К элементам конструкции относится также низковольтное распределительное устройство, система автоматического управления и вспомогательные механизмы. Для большей надежности предусмотрен также ряд контрольно-измерительных и электрических блокировочных приборов.

Конструкции и оборудование КТП. Трансформаторные подстанции выполняются следующих типов: мачтовые (МТП), комплектные наружной установки (КТПН) и закрытые с размещением оборудования в отдельно стоящем помещении [2]. Оборудование мачтовых ТП устанавливается открыто на железобетонных или деревянных опорах. КТП наружной установки представляют собой единую крупноблочную конструкцию со смонтированным на заводе электрооборудованием. Они выполняются в виде металлических киосков или шкафного типа. Вводы 6-10 кВ и отходящие линии 0,4 кВ могут быть в зависимости от типа КТП воздушными или кабельными. КТП шкафного типа выпускаются с трансформаторами мощностью от 25 до 250 кВА на напряжение 6—10/0,4 кВ. Ввод 6-10 кВ и отходящие линии 0,4 кВ воздушные. Вводное устройство высокого напряжения, включающее проходные изоляторы, предохранители и разрядники, а также распределительное устройство 0,4 кВ размещены в металлических шкафах. Шкафы монтируются над силовым трансформатором. Трансформатор монтируется на раме, устанавливаемой на фундаменте из железобетонных стоек. Разъединитель устанавливается на концевой опоре ВЛ 6-10 кВ. В КТПН устанавливаются трансформаторы мощностью 100—630 кВ-А, выпускаются эти ТП с одним или двумя трансформаторами. Конструктивно

КТПН выполняют в виде металлического киоска с отдельными отсеками для распределительного устройства 6—10 кВ, распределительного щита 0,4 кВ и трансформатора. Данные КТП рассчитаны на установку одного или двух трансформаторов мощностью 250, 400, 630 кВ·А, напряжением 10/0,4 кВ. Двухтрансформаторные КТП предназначены (рис.2) [2] для питания потребителей не ниже второй категории.

Схема проходной ТП предусматривает присоединение к магистральным и кольцевым сетям 10 кВ. На стороне 0,4 кВ двухтрансформаторных ТП шины секционированы, осуществляется АВР секционным автоматом. Для КТПП характерно компактное расположение оборудования 10 кВ [2]. В отделении высокого напряжения смонтированы четыре выключателя нагрузки (два вводных и два для транзитных линий). Трансформаторы присоединяются через разъединители и предохранители. Присоединение ТП к ВЛ 10 кВ производится через разъединители, которые устанавливаются на концевых опорах.

Трансформаторные подстанции внутренней установки (закрытого типа) размещаются в отдельно стоящих капитальных зданиях, сооружаемых из сборного железобетона, кирпича, местных строительных материалов. Такие ТП чаще всего выполняются двухтрансформаторными для присоединения к кабельным или воздушным сетям 6-10 кВ и 0,4 кВ. Распределительные устройства 6-10 кВ закрытых ТП выполняются крупноблочными, комплектными. Для ТП с трансформаторами до 630 кВА применяются, как правило, камеры типа КСО-366, комплектуемые выключателями нагрузки, разъединителями, предохранителями. Габариты камер 1000x1000x2500 мм. Щит низкого напряжения также монтируется из отдельных панелей. На сельских ТП чаще всего применяются распределительные пункты из панелей одностороннего обслуживания типа ЩО-70. Камеры КСО-366 и щиты из панелей ЩО-70 изготавливаются на заводах электропромышленности.

Основными частями силового трансформатора являются: магнитопровод, обмотки высшего и низшего напряжений, бак с расширителем и крышка. Трансформаторы 6-10/0,4 кВ мощностью от 25 до 630 кВА, применяемые на ТП, имеют схемы соединений обмоток звезда – звезда с нулем и звезда – зигзаг с нулем. Более предпочтительной по условию работы трансформатора при несимметричных нагрузках в сети 380/220 В является вторая схема соединений. При такой схеме обмотка каждой фазы низшего напряжения состоит из двух частей, расположенных на разных стержнях магнитопровода. Следовательно, при несимметричной нагрузке магнитный поток в магнитопроводе распределяется более равномерно, что делает практически равными токи и напряжения в обмотках всех фаз.

Трансформаторы мощностью 100 кВ·А и выше оборудуются также термосифонным фильтром, заполняемым силикагелем, осуществляющим непрерывную регенерацию масла. Выключатели нагрузки позволяют производить оперативные переключения под нагрузкой. Разъединителями разрешается производить операции включения и отключения только при небольших значениях токов нагрузки (х. х. трансформатора, ненагруженная линия и т. д.). Значение максимального тока, отключаемого разъединителями (в закрытых ТП), не должно превышать 4,5 А при напряжении 6 кВ и 2,5 А при напряжении 10 кВ. Разъединителями на номинальное напряжение 10 кВ, установленными в ТП напряжением 6 кВ, можно отключить токи до 5,5А. Плавкие предохранители служат для защиты электроустановок от сверхтоков. Предохранители выпускаются на напряжения 6 и 10 кВ для наружной установки типа ПКН и для внутренней установки типа ПК.

**Монтаж КТП и ТП на объектах.** На рис. 2 показан монтаж КТП [4].



**Рис. 2.** Монтаж КТП

КТП (в металлических корпусах) устанавливаются нижними опорными рамами на фундаментные железобетонные стойки или балки после выверки корпуса ТП на фундаменте. Рамы закрепляются болтами или сваркой к оголовникам и опорным уголкам стоек или к закладным скобам балок.[4].

Двухтрансформаторные ТП собираются из двух специальных блоков однотрансформаторных КТПП, установленных на расположенных рядом фундаментных основаниях. Корпуса обеих КТПП после выравнивания в горизонтальных и вертикальных плоскостях соединяются между собой болтами или сваркой, а затем их опорные рамы закрепляются сваркой к фундаментам. Затем в них устанавливается оборудование, демонтированное на время транспортировки, и производятся все необходимые соединения оборудования между собой и с распределительными сетями. В верхней части корпусов КТП и КТПП в специальные отверстия устанавливаются проходные изоляторы типа Пн-10 или Пн-6. С наружной стороны корпуса (также вверху) на кронштейнах закрепляются штыревые изоляторы высокого и низкого напряжений и вентильные разрядники. Трансформатор устанавливается на рабочее место, и его выводы соединяются шинами с устройствами высокого и низкого напряжений. Выводы трансформаторов у ТП мощностью до 250 кВА закрываются защитным кожухом. На КТП и КТПП с кабельными выводами, переделанными на воздушные, на верхней части корпуса устанавливается конструкция с изоляторами для выводов. В соответствии со схемой и инструкцией устанавливаются блок-замки типа МГБ с секретом для механической блокировки приводов разъединителя, находящегося отдельно на вводной концевой опоре ВЛ1, и его заземляющих ножей с дверями устройства 6—10 кВ с приводом вводного рубильника или автомата на щите НН и т. п. В контактные губки предохранителей на высокое напряжение типа ПК и низкого напряжения типа ПН2 вставляются их патроны с плавкими вставками. Устройство 6-10 кВ соединяется шинами с выводными проходными изоляторами, а последние – гибкими голыми проводами с питающей ВЛ на концевой опоре; присоединяются разрядники. Секционные шины высокого и низкого напряжений обоих блоков на двухтрансформаторных КТПП соединяются между собой шинными мостами (коробами). Провода линий низкого напряжения, выведенные из КТП и КТПП на изоляторы, соединяются с линейными проводами, идущими от ближайших концевых опор ВЛ 0,4 кВ. При кабельных выводах прокладываются кабели 6—10 и 0,4 кВ, которые заводятся в КТП и КТПП, разделяются и их концы закрепляются в кабельные муфты или воронки, а затем

присоединяются к аппаратам. Присоединяются шины заземления оборудования и корпуса КТП и КТПП к внешнему заземляющему контуру.

**Монтаж ТП закрытого типа:** Монтаж ТП закрытого типа на объекте в основном заключается в установке и сборке оборудования, скомплектованного в секции-блоки и монтажные узлы, а также в соединении этого оборудования шинами и проводами, изготовленными на МЗУ, соответственно между собой и с распределительными сетями ВН и НН [4]. В принятые под монтаж помещения перемещают скомплектованные из камер КСО-366 секции-блоки и панели щитов низкого напряжения, силовые трансформаторы и другое оборудование. Секции из камер КСО и щитов устанавливаются на заделанные в полу закладные опорные швеллеры, выверяются по горизонтальным и вертикальным осям, после чего их нижние рамы прикрепляются сваркой или болтами к швеллерам. Трансформаторы выверяются и закрепляются на закладных опорных швеллерах тормозными упорами, подложенными под все четыре катка. Проходные изоляторы типа Пн-6 – Пн-10 устанавливаются на плиты, заделанные при строительстве в стенных проемах. Сборные шины секции-блоков ВН и НН соединяются соответственно между собой, с трансформаторами и с вводными проходными изоляторами. Выводные провода прокладываются в газовых трубах, делается проводка освещения в помещениях ТП, устанавливаются на наружной стене ТП конструкции с изоляторами для выводов 6-10 и 0,4 кВ. Кроме того, производятся те же работы, что и при монтаже КТПП.

**Комплектное оборудование ТП мачтового типа.** Комплектное оборудование ТП мачтового типа монтируется на установленные деревянные или железобетонные опоры с использованием для его крепления к конструкциям опор заранее изготовленных крепежных деталей (хомуты, болты, планки и т. д.) [4]. Разъединители соединяются с приводами трубчатыми тягами и регулируются. На опорах устанавливаются складные лестницы и блокировочные замки к лестницам и приводам, а также линейные изоляторы 6-10 и 0,4 кВ. Аппараты 6-10 кВ стальными шинами и проводом ПС-25 соединяются между собой, с трансформаторами и питающими линиями. Газовые трубы с проложенными в них проводами закрепляются к опорам скобами, а затем эти провода присоединяются к изоляторам 0,4 кВ трансформаторов, к аппаратам в шкафу 0,4 кВ и к воздушным линиям. Нейтрали трансформаторов и их баки, разрядники, рамы разъединителей и предохранителей, приводы и шкафы 0,4 кВ присоединяются к шинам заземления, ранее проложенным по опорам и соединенным с заземляющим контуром.

Закключение:

В процессе работы были изучены классификация и устройство КТП, которые являются одним из наиболее экономичных и эффективных технических решений для электроснабжения строительных и промышленных объектов. Кроме того, были рассмотрены особенности производственных механизмов обеспечивающих технологические процессы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. [www.KTZ.kz](http://www.KTZ.kz)
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. – М.: Энергия, 1977. – 288с.
3. Правила техники безопасности при эксплуатации распределительных электросетей. – М.: Энергия, – 1969. – 134 с.
4. Монтаж и эксплуатация ТП 6-10/0,4 кВ сельскохозяйственного назначения. – М.: Энергия, – 1978. – 96 с.
5. Правила устройств электроустановок (ПУЭ) издание 7, 2001-2004.