



УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА «ПОДУШКИ» ПОД ФУНДАМЕНТ КТП 10/0,4 КВ КИОСКОВОГО ТИПА

М.В. Бородин¹, С.Ю. Захаров², Р.П. Беликов¹, В.И. Бобровский³

¹Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, г. Орел, Россия

²Филиал ПАО «МРСК Центра и Приволжья»-«Тулэнерго», г. Тула, Россия

³Филиал ПАО «МРСК Центра-«Орелэнерго», г. Орел, Россия

energy@orelsau.ru, Zaharov.SY@tl.mrsk-cp.ru
Bobrovskii.vi@mrsk-1.ru

Резюме: *ЦЕЛЬ.* Определить количество реконструированных, установленных вновь и замененных ТП 10/0,4 кВ, рассмотреть усовершенствованную технологию монтажа «подушки» под фундамент КТП 10/0,4 кВ киоскового типа и определить время, затраченное на его монтаж. *МЕТОДЫ.* В статье представлены анализ данных о количестве реконструированных, установленных вновь и замененных ТП 10/0,4 кВ и алгоритм выполнения монтажа усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП 10/0,4 кВ киоскового типа. *РЕЗУЛЬТАТЫ.* В ходе проведения эксперимента по монтажу усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП было определено время выполнения работ. Суммарное затраченное время на возведение усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП киоскового типа составило 580 минут, что составляет чуть более 9,5 часов. Также предложено нормируемое время выполнения работ при монтаже усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП киоскового типа. *ВЫВОДЫ.* Использование представленных в статье данных о количестве реконструированных, установленных вновь и замененных ТП 10/0,4 кВ позволит ученым и специалистам разрабатывать и предлагать новые способы реконструкции и технологии строительства различных ТП, а так же определять экономическую эффективность новых фундаментов для ТП. Описанная в статье технология монтажа фундамента КТП киоскового типа позволит не только повысить эксплуатационные характеристики КТП, но и обеспечит пожарную безопасность смонтированного оборудования. Техническое решение, указанное в статье, может применяться при реконструкции и строительстве КТП 10/0,4 кВ киоскового типа. Предложенный алгоритм монтажа усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП киоскового типа является универсальным, так как он может использоваться на КТП различной мощности.

Ключевые слова: трансформаторная подстанция; фундамент; технология; безопасность; надежность.

Для цитирования: Бородин М.В., Захаров С.Ю., Белико Р.П., Бобровский В.И. Усовершенствование технологии монтажа «подушки» под фундамент КТП 10/0,4 кВ киоскового типа // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. № 3. С. 154-167. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-3-154-167.

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF INSTALLATION OF «PILLOWS» UNDER THE FOUNDATION OF CTS 10 / 0.4 KV KIOSK TYPE

MV. Borodin¹, SYu. Zakharov², RP. Belikov¹, VI. Bobrovsky³

¹Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina, Oryol, Russia

²Branch of IDGC of Center and Volga Region, IRGC - Tulenergo, Tula, Russia

³Branch of IDGC of Center, IRGC - Orelenergo, Orel, Russia

energy@orelsau.ru, Zaharov.SY@tl.mrsk-cp.ru
Bobrovskii.vi@mrsk-1.ru

Abstract: *THE PURPOSE.* To determine the number of reconstructed, newly installed and replaced 10 / 0.4 kV transformer substations, consider an improved technology for installing a "pillow" under the foundation of a kiosk-type 10 / 0.4 kV transformer substation and determine the time spent on its installation. *METHODS.* The article presents an analysis of data on the number of reconstructed, newly installed and replaced 10 / 0.4 kV transformer substations, an algorithm for installing an improved "pillow" under the foundation of a 10 / 0.4 kV kiosk-type transformer substation. *RESULTS.* In the course of the experiment on the installation of an improved "pillow" under the foundation of the CTS, the time of work was determined. The total time spent on the construction of an improved "pillow" under the foundation of a kiosk-type CTS was 580 minutes, which is just over 9.5 hours. Also the standardized time of work during the installation of an improved "pillow" under the foundation of a kiosk-type CTS. Also, the standardized time for performing work during the installation of an improved "pillow" under the foundation of a kiosk-type package transformer substation has been proposed. *CONCLUSIONS.* The use of the data presented in the article on the number of reconstructed, newly installed and replaced 10 / 0.4 kV transformer substations will allow scientists and specialists to develop and propose new methods of reconstruction and construction technologies for various transformer substations, as well as determine the economic efficiency of new foundations for transformer substations. The technology of kiosk-type CTS foundation installation described in the article will allow not only to increase the operational characteristics of the CTS, but also ensure the fire safety of the installed equipment. The technical solution specified in the article can be used during the reconstruction and construction of a 10 / 0.4 kV kiosk-type package transformer substation. The proposed algorithm for mounting an improved "pillow" under the foundation of a kiosk-type package transformer substation is universal, since it can be used at a package transformer substation of various capacities.

Key words: transformer substation; foundation; technology; safety; reliability.

For citation: Borodin MV, Zakharov SYu, Belikov RP, Bobrovsky VI. Improvement of the technology of installation of «pillows» under the foundation of CTS 10 / 0.4 kV kiosk type. *Power engineering: research, equipment, technology.* 2021;23(3):154-167. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-3-154-167.

Введение и литературный обзор

Для электроснабжения потребителей различных категорий надежности применяются комплектные трансформаторные подстанции (КТП) киоскового типа. Их производство осуществляют различные компании, а монтаж и реконструкцию производят подрядные организации либо персонал электросетевой компании. К КТП киоскового типа предъявляется множество требований, одним из обязательных требований, обеспечивающих штатный режим работы КТП, является его фундамент. Формирование надежного фундамента обеспечивает необходимую устойчивость конструкции КТП, в том числе во время климатических изменений и эксплуатации электроустановки. Технология возведения основания определяется характеристиками оборудования (габаритными размерами, весом, назначением и т.д.), а также свойствами грунта в месте размещения.

Согласно действующим типовым проектам КТП киоскового типа мощностью от 25 до 630 кВА должны устанавливаться на фундамент незаглубленного типа, состоящий из строительных фундаментных блоков сплошного сечения (ФБС). На практике для размещения КТП киоскового типа достаточно точечной укладки двух ФБС под каждый угол конструкции. Если планируется размещение двухтрансформаторной подстанции, то принимающая способность фундамента должна быть увеличена, при этом в большинстве случаев количество ФБС увеличивается в два раза. Хочется отметить, что так же на практике в настоящее время применяется фундамент под КТП, формируемый из металлических лежней. Это старая технология, но она используется в случае необходимости более быстрого возведения КТП.

Одним из наиболее проработанных (с точки зрения строительной части и технологии устройства «подушки» под фундамент КТП) является конструктив, указанный в действующем типовом проекте¹. Несмотря на достаточно качественную подготовку «подушки» под фундамент, указанную в проекте, данный способ, а также чертежи во всех

¹ ОТП.С.03.61.01-93 «Комплектная трансформаторная подстанция напряжением 10/0,4 кВ мощностью от 250 до 400 кВА проходного типа» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.likeproject.ru/tipr_ktp.php?action=file_selection&id=10 (дата обращения 30.03.2021г)

остальных действующих типовых проектах, не учитывают обработку площадки под КТП и вокруг нее от нежелательной растительности, которая в течение очень короткого периода времени после монтажа появляется на верхнем слое щебня (или гравия). Следовательно, через определенный период времени (год или два), фундамент вокруг КТП зарастает свежей порослью травы или кустарника, что создает трудности для последующего доступа в КТП. В весеннее время высохшая трава (либо кустарник) создает пожароопасную ситуацию вокруг КТП и, в случае поджога, это может привести к неблагоприятным последствиям для оборудования. Типичные случаи зарастания КТП 10/0,4 кВ киоскового типа порослью травы представлены на рисунке 1.

Основные требования к фундаменту КТП указаны в ² и направлены на повышение безопасности и энергосбережения в процессе строительства и эксплуатации фундамента КТП. При строительстве фундамента КТП подрядчики электросетевых компаний зачастую экономят на строительных материалах. При этом экономию на фундаменте КТП определить очень трудно, так как приемка КТП в эксплуатацию осуществляется визуально с использованием проектно-сметной документации. Невыявленное нарушение фундамента КТП может привести к отключению потребителя, что, в свою очередь, является негативным фактором для электросетевой компании. Кроме этого, существующие способы строительства фундаментов не стоят на месте и всегда развиваются, и их можно и нужно использовать при строительстве фундамента КТП киоскового типа. Но при строительстве фундамента КТП с применением новых технологий необходимо совмещать технические запросы электросетевой компании и не допустить удорожания проекта.



Рис. 1 Зарастание КТП 10/0,4 кВ киоскового типа порослью травы

Fig. 1 Overgrowth of KTP 10/0. 4 kV kiosk-type overgrowth of grass

Анализируя литературные источники [1-5] и интернет сайты производителей КТП, монтажных организаций, выявлено, что в них не представлены новые предложения и способы, направленные на усовершенствование технологии монтажа «подушки» под фундамент КТП, поэтому решаемая в статье проблема является актуальной. Также анализируя вышеуказанные источники, было определено, что в них отсутствуют данные о количестве трансформаторных подстанций (ТП) 10/0,4 кВ, реконструированных и установленных вновь и о случаях замены фундамента КТП и т.д. В свою очередь, данная информация позволила бы ученым разрабатывать и предлагать новые способы реконструкции и технологии строительства фундамента КТП, а также определять экономическую эффективность новых фундаментов для КТП.

Немаловажной составляющей при строительстве «подушки» под фундамент КТП является время, затраченное на ее возведение, при этом в литературных источниках [6-9] данные о затраченном времени отсутствуют. Это в свою очередь является недостатком, так как организация, осуществляющая строительство «подушки» под фундамент КТП, не может точно спрогнозировать введение в эксплуатацию КТП. Так же на время строительства влияет множество факторов, например, погодные условия, тип почвы,

² СП 22.13330-2016 «Основания зданий и сооружений» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054206> (дата обращения 31.03.2021г)

квалификация персонала, обеспеченность современным инвентарем и т.д. Поэтому исследование, направленное на определение времени, затрачиваемого на возведение «подушки» под фундамент КТП, имеет важное практическое значение.

Материалы и методы

Авторами в трудах [10-12] указывается, что в филиале публичного акционерного общества «Межрегиональная распределительная сетевая компания Центра-«Орелэнерго» (далее филиал ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго») большое значение уделяют проблеме использования новых технологий, направленных на повышение пожарной безопасности электроустановок компании и надежности электроснабжения потребителей. Так же авторами [13-15] отмечается, что немаловажное значение для электросетевых компаний России имеет время, затраченное на производство различных видов работ персоналом компании и подрядными организациями. То есть, филиал ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго» заинтересован в минимизации вышеуказанных недостатков. Поэтому в филиале ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго» был произведен эксперимент по усовершенствованию технологии монтажа «подушки» под фундамент КТП киоскового типа мощностью 400 кВА. Эксперимент проводился по следующему алгоритму:

- осуществлялась выборка растительного слоя на 150 мм и последующая планировка грунта на площадке, где планировался монтаж КТП киоскового типа;
- подготавливалась утрамбованная песчаная подушка;
- утрамбованный песок застилался геотекстилем плотностью не менее 300 г/м²;
- по размеченным отметкам монтировался каркас под обшивку фундамента;
- подготовленная площадка засыпалась щебнем крупной фракции;
- отсыпанный в пределах каркаса щебень выравнивался, затем на него по уровню были выставлены фундаментные блоки;
- качество установки фундаментных блоков фиксировалось комиссией;
- на подготовленный в соответствии с требованиями проекта фундамент устанавливался корпус КТП киоскового типа;
- после установки КТП на фундамент для повышения пожарной безопасности, защиты бетонных конструкций от воздействия атмосферных осадков, предотвращения засорения щебня песком и семенами растений, переносимых ветром, а также придания ему эстетичного и ухоженного вида, фундаментные блоки были защищены профильным листом;
- на уже подготовленный каркас из трубы прямоугольного профиля монтировалась рама, к которой прикреплялся профлист;
- рама зашивалась профлистом корпоративного цвета;
- верх получившейся конструкции зашивался гладкими листами, которые крепились к нижней части корпуса КТП и соединялись между собой с помощью саморезов.

Время, затрачиваемое на возведение КТП киоскового типа, с предлагаемой усовершенствованной «подушкой» под фундамент, определялось по формуле:

$$T_{\text{уст.под.КТП}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} \quad (1)$$

где:

$T_{\text{уст.под.КТП}}$ – время, затрачиваемое на возведение КТП киоскового типа, с предлагаемой усовершенствованной «подушкой» под фундамент, мин.

t_1 – время, затраченное на выборку растительного слоя и последующей планировки грунта на площадке под КТП, мин;

t_2 – время, затраченное на утрамбовку песчаной подушки, мин;

t_3 – время, затраченное на застилку геотекстилем песчаной подушки, мин;

t_4 – время, затраченное на монтаж каркаса под обшивку фундамента, мин;

t_5 – время, затраченное на засыпку щебнем крупной фракции подготовленной площадки, мин;

t_6 – время, затраченное на выставление фундаментных блоков по уровню, мин;

t_7 – время, затраченное комиссией на фиксацию качества установки фундаментных блоков, мин;

t_8 – время, затраченное на установку корпуса КТП киоскового типа на фундаментные блоки, мин;

t_9 – время, затраченное на монтаж защиты фундаментных блоков, мин;

t_{10} – время, затраченное на монтаж рамы для профлиста, мин;

t_{11} – время, затраченное на монтаж профлиста, мин.

Анализ данных о количестве реконструированных, установленных вновь и замененных ТП 10/0,4 кВ производился с применением методов математической статистики.

Результаты и обсуждения

С целью получения актуальной информации о количестве реконструированных, установленных вновь и замененных ТП 10/0,4 кВ был произведен анализ данных, предоставленный филиалом ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго». Результаты проведенного анализа представлены на рисунке 2.

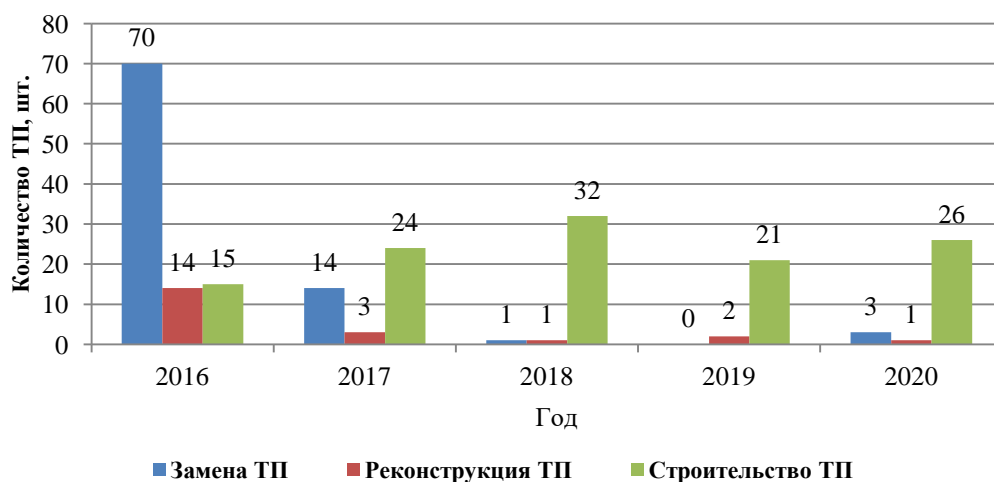


Рис. 2 Количество реконструированных, установленных вновь и замененных ТП в филиале ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго»

Fig. 2 The number of reconstructed, newly installed and replaced TP in the branch of IDGC of Center PJSC-Orelerenergo

Результаты, представленные на рисунке 2, показывают, что в 2016 году наблюдается наибольшее количество замененных ТП 10/0,4 кВ, при этом количество вновь установленных не значительно превышает количество реконструированных ТП. Большое количество замененных ТП обусловлено стратегией филиала ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго», направленной на повышение надежности электроснабжения потребителей и снижения потерь электроэнергии. В период с 2017 года по 2020 год наблюдается увеличение количества вновь установленных ТП по отношению к 2016 году. Это, прежде всего, связано с развитием и увеличением предприятий Орловской области. При этом хочется отметить, что в вышеуказанный период производилось значительно меньшее количество реконструкций и замен ТП. За анализируемые годы было реконструировано 21 ТП, заменено 88 ТП и построено вновь 118 ТП.

Далее было определено процентное соотношение количества реконструированных, установленных вновь и замененных ТП 10/0,4 кВ с 2016 по 2020 год в филиале ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго». Результаты анализа представлены на рисунке 3.

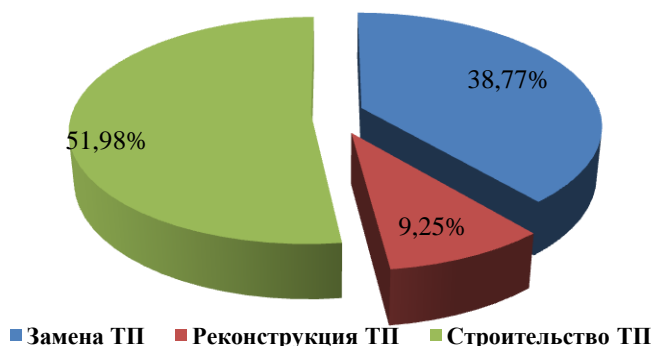


Рис. 3. Процентное соотношение количества реконструированных, установленных вновь и замененных ТП 10/0,4 кВ в филиале ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго»

Fig. 3. Percentage ratio of the number of reconstructed, newly installed and replaced 10/0.4 kV TP in the branch of IDGC of Center PJSC-Orelerenergo

По результатам, представленным на рисунке 3, можно сделать вывод, что количество

реконструированных ТП 10/0,4 кВ значительно меньше количества замененных и вновь построенных ТП, при этом количество замененных ТП меньше на 13,21%, чем вновь построенных ТП. Хотя, анализируя рисунок 2, может сложиться мнение, что количество замененных ТП значительно больше, чем реконструированных и вновь построенных, но если проанализировать данные за пять лет, то наблюдается обратная тенденция. Это прежде всего связано с тем, что в 2016 году количество реконструированных и замененных ТП значительно превышает количество вновь построенных.

Так же был произведен анализ реконструированных, установленных вновь и замененных ТП 10/0,4 кВ в филиале ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго» в зависимости от мощности ТП. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Количество и мощность ТП 10/0,4 кВ реконструированных, установленных вновь и замененных в филиале ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго»

Наименование работ	Мощность ТП 10/0,4 кВ, кВА						
	25	63	100	160	250	400	630
2016 год							
Замена ТП, шт.	-	5	16	23	23	3	-
Реконструкция ТП, шт.	-	4	5	1	1	3	-
Строительство ТП, шт.	-	1	3	4	6	1	-
2017 год							
Замена ТП, шт.	-	1	2	6	3	2	-
Реконструкция ТП, шт.	-	3	-	-	-	-	-
Строительство ТП, шт.	4	16	2	2	-	-	-
2018 год							
Замена ТП, шт.	-	-	-	1	-	-	-
Реконструкция ТП, шт.	-	-	-	-	1	-	-
Строительство ТП, шт.	5	14	6	5	2	-	-
2019 год							
Замена ТП, шт.	-	-	-	-	-	-	-
Реконструкция ТП, шт.	-	1	1	-	-	-	-
Строительство ТП, шт.	2	15	1	1	1	1	1
2020 год							
Замена ТП, шт.	-	1	1	1	-	-	-
Реконструкция ТП, шт.	-	1	-	-	-	-	-
Строительство ТП, шт.	5	16	2	2	0	1	-

Результаты, представленные в таблице 1, демонстрируют увеличение количества установленных ТП мощностью 25 кВА. За рассматриваемые года, больше всего было заменено ТП мощностью 160 кВА, при этом количество заново построенных составило 14 штук. Больше всего было построено и введено в эксплуатацию ТП мощностью 63 кВА. Не реконструировались и не заменялись ТП мощностью 630 кВА, так как в Орловской области преобладающее количество ТП такой мощности находится на балансе различных не электросетевых предприятиях.

Результаты, представленные на вышеуказанных рисунках и таблице, показывают, что большое количество ТП в электросетевых компаниях заменяется и реконструируется, поэтому решение задачи указанной во введении, связанной с «подушкой» под фундамент КТП киоскового типа, является довольно актуальной. А ее решение за счет выполнения только соответствующих эксплуатационных работ, как показала практика, достаточно затруднительно и трудоемко.

В связи с вышеуказанным предлагаем усовершенствовать технологию монтажа

«подушки» под фундамент КТП киоскового типа, которая предусматривает исключение появления растительности под фундаментными блоками, самим КТП и на определенном расстоянии вокруг него. При этом предотвращение роста нежелательной поросли может быть достигнуто путем применения в качестве одного из слоев «подушки» геотекстильного полотна плотностью не менее 300 г/м². Данный материал широко применяется в электросетевом (при монтаже открытых распределительных устройств подстанций) и дорожном строительстве. Повышение пожарной безопасности вокруг КТП предлагается обеспечить за счет «обшивки» фундамента КТП профильным листом с плотным примыканием верха конструкции к корпусу КТП.

Таким образом, с учетом вышесказанного, усовершенствованная технология монтажа фундамента под КТП киоскового типа выглядит следующим образом:

1. Осуществляется выборка растительного слоя на 150 мм, как показано на рисунке 4, и последующая планировка грунта на площадке, где планируется монтаж КТП.



а)



б)

Рис. 4 Фото выборки растительного слоя и планировки грунта на площадке под строительство КТП

- а) Фото выборки растительного слоя под строительство КТП;
б) Фото планировки грунта на площадке под строительство КТП.

Fig. 4 Photo of the sample of the vegetation layer and the ground layout on the site for the construction of the CTR

- a) Photo of the sample of the vegetation layer for the construction of the CTR;
b) Photo of the ground layout on the site for the construction of the KTR.*

2. Подготавливается, как показано на рисунке 5, утрамбованная песчаная подушка, при этом песок либо проливается водой, либо может применяться виброплита.



Рис. 5 Утрамбованная песчаная подушка

Fig. 5 Rammed sand cushion

3. На утрамбованный песок застилается геотекстиль плотностью не менее 300г/м². Использование геотекстиля не дает возможность в дальнейшем расти траве под КТП и препятствует оседанию щебня в песок в течение всего срока эксплуатации фундамента КТП. Результат укладки геотекстиля представлен на рисунке 6.



Рис. 6 Фото укладки геотекстиля

Fig. 6 Photo of geotextile laying

4. По размеченным отметкам (рисунок 4б) монтируется каркас под обшивку фундамента. При этом для придания симметричного вида итоговой конструкции фундамента каркас должен отступать от каждого края КТП на одинаковое расстояние. Подготовленная площадка засыпается щебнем крупной фракции. При этом геотекстильное полотно желательно «выпустить» за пределы каркаса на 30-40 см, что также предотвратит последующий рост поросли вокруг КТП. Реализация вышеуказанного представлена на рисунке 7.



Рис. 7 Фото монтажа каркаса фундамента КТП

Fig. 7 Photo of the installation of the KTP foundation frame

5. Отсыпанный в пределах каркаса щебень выравнивается, затем на него по уровню выставляются фундаментные блоки (рисунок 8). Качество установки фундаментных блоков должно быть зафиксировано комиссией.



Рис. 8 Установка фундаментных блоков для КТП

Fig. 8 Installation of foundation blocks for KTP

6. На подготовленный в соответствии с требованиями проекта фундамент, устанавливается корпус киосковой КТП. Монтаж установки представлен на рисунке 9.



Рис. 9 Установка корпуса КТП

Fig. 9 Installation of the KTR enclosure

7. Для повышения пожарной безопасности, защиты бетонных конструкций от воздействия атмосферных осадков, предотвращения засорения щебня песком и семенами растений, переносимых ветром, а также придания ему эстетичного и ухоженного вида, установленные фундаментные блоки «зашиваются» профильным листом с плотным примыканием верха конструкции к корпусу КТП. Вышеуказанное техническое решение выполнялось по следующей последовательности:

7.1. На уже подготовленный каркас из трубы прямоугольного профиля монтируется «рама», к которой будет крепиться профлист. Результат монтажа «рамы» представлен на рисунке 10.



Рис. 10 Фото смонтированной рамы

Fig. 10 Photo of the mounted frame

7.2. По периметру фундамента «рама» зашивается профлистом корпоративного цвета. Крепление профлиста желательно осуществлять только кровельными саморезами. Верх получившейся конструкции зашивается гладкими листами, которые крепятся к нижней части корпуса КТП и соединяются между собой также с помощью саморезов. Полученный результат представлен на рисунке 11.



а)



б)

Рис. 11 Результат монтажа профлиста «рамы»

- а) Фото монтажа профлиста нижней части «рамы»;
- б) Фото монтажа профлиста верхней части «рамы»

11. The result of the installation of the profiled sheet "frame":

- a) Photo of the installation of the profiled sheet of the lower part of the "frame";
- b) Photo of the installation of the profiled sheet of the upper part of the "frame".

Как показано на рисунке 12 периметр зашитого профлистом фундамента КТП засыпается щебнем, при этом щебень должен выступать за обшивку фундамента на 20-30см.



Рис. 12 Фото усовершенствованной «подушки» фундамента КТП киоскового типа *Fig. 12 Photo of the improved "cushion" of the KTP kiosk-type foundation*

Реализация вышеуказанной технологии монтажа «подушки» под фундамент КТП 10/0,4 киоскового типа производилась на базе филиала ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго», при этом усовершенствованная технология монтажа «подушки» под фундамент КТП киоскового типа была принята ПАО «МРСК Центра» как рационализаторское предложение и будет использоваться во всех филиалах компании.

Одним из критериев, характеризующих эффективность использования усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП, является время, затраченное на ее возведение. В ходе проведения эксперимента по монтажу усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП было определено время выполнения работ, которые проводились при реализации предложенного технического решения. Суммарное затраченное время на монтаж усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП представлено на рисунке 13.

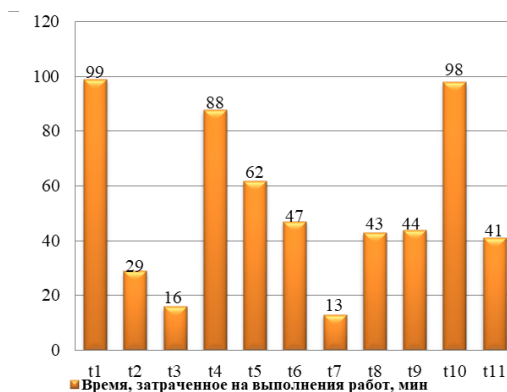


Рис. 13 .Время, затраченное на выполнения монтажа усовершенствованной «подушки» фундамента КТП 10/0,4 кВ киоскового типа *Fig. 13 .Time spent on the installation of the improved "cushion" of the foundation of the KTP 10/0. 4 kV kiosk type*

Согласно данным, представленных на рисунке 13, суммарное затраченное время на возведение усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП киоскового типа составило 580 минут, что составляет чуть больше 9,5 часов. При этом в проведении эксперимента по монтажу КТП было задействовано восемь человек. Они осуществляли работы, перечисленные выше. Хочется отметить, что работы по монтажу фундамента КТП киоскового типа проводились при комфортных погодных условиях.

Далее нами было определено соотношение времени выполнения различных видов работ при монтаже усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП, оно представлено на рисунке 14.

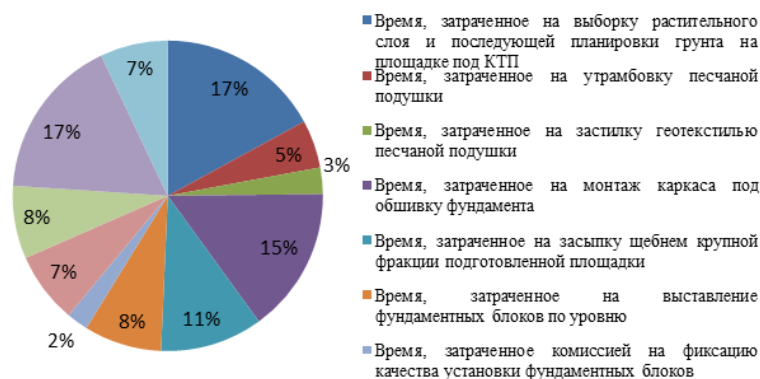


Рис. 14 Соотношение времени выполнения различных видов работ при монтаже усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП 10/0,4 киоскового типа

Fig. 14 The ratio of the time of performing various types of work when installing an improved "cushion" under the foundation of the KTP 10/0. 4 kiosk type

По результатам данных, представленных на рисунке 14, видно, что максимальное значение затрачиваемого времени приходится на работы, связанные с выборкой растительного слоя и последующей планировки грунта на площадке под КТП, монтажом каркаса под обшивку фундамента и рамы под профлист. Суммарное значение затраченного времени на вышеуказанные виды работ составляет 285 минут. Также хочется отметить, что минимальное время затрачивается на выполнение сварочных работ.

Поскольку время выполнения работ при монтаже КТП зависит от разных факторов, а для электросетевых компаний и подрядчиков актуальным является вопрос нормирования времени выполнения работ, то предлагается при расчете нормативного времени выполнения работ при монтаже усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП киоскового типа использовать время, которое представлено в таблице 2.

Таблица 2

Нормативное время по выполнению монтажа усовершенствованной «подушки» фундамента КТП 10/0,4 кВ киоскового типа

Вид работ	t, мин
Время, затраченное на выборку растительного слоя и последующей планировки грунта на площадке под КТП	110
Время, затраченное на утрамбовку песчаной подушки	30
Время, затраченное на застилку геотекстилем песчаной подушки	20
Время, затраченное на монтаж каркаса под обшивку фундамента	90
Время, затраченное на засыпку щебнем крупной фракции подготовленной площадки	60
Время, затраченное на выставление фундаментных блоков по уровню	45
Время, затраченное комиссией на фиксацию качества установки фундаментных блоков	15
Время, затраченное на установку корпуса КТП киоскового типа на фундаментные блоки	45
Время, затраченное на монтаж защиты фундаментных блоков	45
Время, затраченное на монтаж рамы для профлиста	105
Время, затраченное на монтаж профлиста	45

Суммарно затраченное время на возведение усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП киоскового типа, согласно таблице 2, должно составлять 610 минут, что составляет чуть больше 10 часов. При этом параметры времени, представленные в таблице 2, являются рекомендательными, так как время, затраченное на возведение усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП киоскового типа является величиной, зависящей от множества факторов и определение этого времени является актуальной задачей для дальнейших исследований. Так же хочется отметить, что в комиссию по оценке качества выполнения работ должно входить не менее 2 человек, при этом члены комиссии должны быть высококвалифицированными специалистами в области строительства и реконструкции КТП киоскового типа.

Выводы

Использование представленных в статье данных о количестве реконструированных, установленных вновь и замененных ТП 10/0,4 кВ позволит ученым и специалистам разрабатывать и предлагать новые способы реконструкции и технологии строительства различных ТП, а так же определять экономическую эффективность новых фундаментов для ТП.

Представленное математическое выражение учитывает все временные затраты на монтаж усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП и является работоспособной при оценке времени монтажа усовершенствованных фундаментов КТП киоскового типа.

Представленная в статье технология монтажа фундамента КТП киоскового типа позволит не только повысить эксплуатационные характеристики КТП, но и обеспечит пожарную безопасность смонтированного оборудования. Кроме того, выполнение полного цикла перечисленных выше работ улучшит внешний вид трансформаторных подстанций и придаст ему эстетичность, что в итоге будет положительно влиять на имидж электросетевых компаний.

Техническое решение, указанное в статье может применяться при реконструкции и строительстве КТП 10/0,4 кВ киоскового типа. Предложенный алгоритм монтажа усовершенствованной «подушки» под фундамент КТП киоскового типа является универсальным, так как он может использоваться на КТП различной мощности.

Литература

1. Малыгин Д.В., Бородин М.В., Беликов Р.П. Универсальная конструкция кожуха трансформатора для КТП 6-10/0,4 кВ // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2020. № 2 (60). С. 11-17.

2. Borodin M., Psarev A., Kudinova T., Mukhametzhonov R. Improving power quality by calculating voltage losses. В сборнике: E3S Web of Conferences, 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, С. 01041.

3. Грачева Е.И., Алимова А.Н. Взаимосвязь характеристик силовых трансформаторов и их нагрузочной способности // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2019. № 1 (55). С. 48-55.

4. Пузач С.В., Горюшкин С.С. Оценка теплового воздействия лесного пожара на электрическую подстанцию с масляными трансформаторами // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 3. С. 79-83.

5. Грачева Е.И., Нгуен Т. Некоторые особенности ремонта силовых трансформаторов // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2017. № 1 (47). С. 3-9.

6. Назаров А.Н., Беликов Р.П. Разработка технических мероприятий по повышению электробезопасности электрооборудования КТП 10/6/0,4 кВ для сельских электрических сетей // В сборнике: Физика и современные технологии в АПК. Материалы XII Всероссийской (с международным участием) молодежной конференции молодых ученых, студентов и школьников. Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина. 2021. С. 148-150.

7. Сагадеева Н.А., Сагадеева Е.А. Трансформаторные подстанции – основной элемент распределительных сетей // Главный энергетик. 2009. № 12. С. 14-17.

8. Комплектные трансформаторные подстанции - КТП, «Киоскового» Типа. ЗАО "ЗЭТО" // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2017. № 3. С. 26-27.

9. Виноградов А.В., Сорокин Н.С. Требования к функциональным возможностям трансформаторных подстанций ТП 6...20/0,4 кВ в структуре интеллектуальных электрических сетей // АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИКИ В АПК. Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Благовещенск, 2020. С. 143-148.

10. Chernyshov V.A., Semenov A.E., Belikov R.P., et al. The method of extending drone piloting autonomy when monitoring the technical condition of 6-10 kV overhead power lines // В сборнике: E3S Web of Conferences. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. 2019. С. 02010.

11. Vinogradov A.V., Vasiliev A.N., Bolshev V.E., et al. Methods of reducing the power supply outage time of rural consumers // Renewable Energy and Power Supply Challenges for Rural Regions. Сер. «Premier reference source» Hershey, PA, USA, 2019. С. 370-392.

12. Псарев А.И. Анализ потерь электроэнергии в электрических сетях филиала ПАО "МРСК Центра"- "Орелэнерго" Орловский РЭС // Инновационное развитие университетской

библиотеки: менеджмент и маркетинг. Материалы II научно-практической конференции. 2018. С. 65-68.

13. Бородин М.В. Программный продукт по сокращению коммерческих потерь электроэнергии // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12. № 2 (46). С. 76-85.

14. Грачева Е.И., Наумов О.В., Федотов Е.А. Влияние нагрузочной способности силовых трансформаторов на их эксплуатационные характеристики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 7-8. С. 71-77.

15. Manusov V., Kokin S., Ahyoev Ja. Multi-criteria analysis of fuzzy symptoms of electrical faults in power systems // International Journal of Energy Production and Management. 2018. Т. 3. № 2. С. 89-96.

Авторы публикации

Бородин Максим Владимирович – канд. тех. наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроснабжение», Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина.

Захаров Сергей Юрьевич – заместитель главного инженера по эксплуатации, филиал ПАО «МРСК Центра и Приволжья»-«Тулэнерго».

Беликов Роман Павлович – канд. тех. наук, доцент кафедры «Электроснабжение», Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина..

Бобровский Владимир Иванович – начальник управления технологического развития и цифровизации, филиал ПАО «МРСК Центра»-«Орелэнерго».

References

1. Malygin DV, Borodin MV, Belikov RP. Universal'naya konstrukciya kozhuha transformatora dlya KTP 6-10/0,4 kV. *Vesti vysshih uchebnyh zavedenij CHernozem'ya*. 2020;2 (60):11-17.

2. Borodin M, Psarev A, Kudinova T, et al. Improving power quality by calculating voltage losses. В сборнике: E3S Web of Conferences, 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, С. 01041.

3. Gracheva E.I., Alimova A.N. Vzaimosvyaz' harakteristik silovyh transformatorov i ih nagruzochnoj sposobnosti. *Vesti vysshih uchebnyh zavedenij CHernozem'ya*. 2019;1 (55):48-55.

4. Puzach SV, Goryushkin SS. Ocenka teplovogo vozdejstviya lesnogo pozhara na elektricheskuyu podstanciyu s maslyanymi transformatorami. *Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashchenie, likvidaciya* . 2017;3:79-83.

5. Gracheva EI, Nguen T. Nekotorye osobennosti remonta silovyh transformatorov. *Vesti vysshih uchebnyh zavedenij CHernozem'ya*. 2017;1 (47):3-9.

6. Nazarov AN, Belikov RP. *Razrabotka tekhnicheskikh meropriyatij po povysheniyu elektrobezopasnosti elektrooborudovaniya KTP 10/6/0,4 kV dlya sel'skih elektricheskikh setej*. V sbornike: Fizika i sovremennye tekhnologii v APK. Materialy III Vserossijskoj (s mezhdunarodnym uchastiem) molodezhnoj konferencii molodyh uchenyh, studentov i shkol'nikov. Orlovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. N.V. Parahina. 2021;148-150.

7. Sagadeeva NA, Sagadeeva EA. Transformatornye podstancii – osnovnoj element raspredelitel'nyh setej. *Glavnyj energetik*. 2009;12:14-17.

8. Komplektnye transformatornye podstancii -KTP, «Kioskovogo» Tipa. ZAO «ZETO»// *Elektro. Elektrotehnika, elektroenergetika, elektrotekhnicheskaya promyshlennost'*. 2017;3:26-27.

9. Vinogradov AV, Sorokin NS. Trebovaniya k funkcional'nym vozmozhnostyam transformatornyh podstancij TP 6...20/0,4 kV v strukture intellektual'nyh elektricheskikh setej. V sbornike: *AKTUAL'NYE VOPROSY ENERGETIKI V APK*. Materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Blagoveshchensk, 2020;143-148.

10. Chernyshov VA, Semenov AE, Belikov RP, et al. *The method of extending drone piloting autonomy when monitoring the technical condition of 6-10 kV overhead power lines*. В сборнике: E3S Web of Conferences. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. 2019. С. 02010.

11. Vinogradov AV, Vasiliev AN, Bolshev VE, et al. *Methods of reducing the power*

supply outage time of rural consumers. Renewable Energy and Power Supply Challenges for Rural Regions. Сер. "Premier reference source" Hershey, PA, USA, 2019. С. 370-392.

12. Psarev AI. *Analiz poter' elektroenergii v elektricheskikh setyah filiala PAO «MRSK Centra»-«Orelenargo» Orlovskij RES*. V sbornike: Innovacionnoe razvitie universitetskoj biblioteki: menedzhment i marketing. Materialy II nauchno-prakticheskoy konferencii. 2018;65-68.

13. Borodin MV. Programmnyj produkt po sokrashcheniyu kommercheskih poter' elektroenergii. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo energeticheskogo universiteta*. 2020;12:№ 2 (46):76-85.

14. Gracheva EI, Naumov OV, Fedotov EA. Vliyanie nagruzochnoj sposobnosti silovyh transformatorov na ih ekspluatacionnye harakteristiki. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Problemy energetiki*. 2017;19:7-8:71-77.

15. Manusov V, Kokin S, Ahyoev Ja. Multi-criteria analysis of fuzzy symptoms of electrical faults in power systems. *International Journal of Energy Production and Management*. 2018;3:2:89-96.

Authors of the publication

Maxim V. Borodin – Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina.

Sergey Y. Zakharov – Branch of IDGC of Center and Volga Region, IRGC - Tulenergo, Tula, Russia.

Roman P. Belikov – Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina ..

Vladimir I. Bobrovsky – Branch of IDGC of Center, IRGC - Orelenargo, Orel, Russia.

Получено 30.04.2021 г.

Отредактировано 12.05.2021 г.

Принято 21.06.2021 г.