

Государственное бюджетное профессионального образовательное
учреждение
Стерлитамакский химико-технологический колледж

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
НА ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЯХ**

Выполнил Кузьмин Андрей Алексеевич,
студент группы Э-32

Руководитель И.В. Коробкина,
преподаватель высшей
квалификационной категории
СХТК

Стерлитамак, 2018

Содержание

Введение	3
1 Устройство и эксплуатация силового масляного трансформатора	5
2 Устройство и эксплуатация силового сухого трансформатора	7
3 Достоинства и недостатки силовых масляных и сухих трансформаторов	9
4 Техничко-экономический выбор варианта электроснабжения	12
Заключение	17
Список используемых источников	19

Введение

Данная тема является чрезвычайно актуальной, так как на сегодняшний день трансформаторные подстанции (ТП) 6-10/0,4 кВ являются базовыми в цепочке передачи электроэнергии потребителям, среди которых как промышленные предприятия, так и жилые, общественные и коммерческие здания. От их надежности и бесперебойной работы зависит полноценная работа промышленных предприятий и качественное снабжение электроэнергией организаций и населения.

ТП 6 – 10 / 0,4 кВ составляют наибольшую долю в общем количестве всех трансформаторных подстанций, находящихся в эксплуатации. При этом в настоящее время степень износа электрооборудования подстанций может достигать 70%.

Строительство новых подстанций или их капитальный ремонт с полной заменой всего оборудования и подсоединений требуют очень больших финансовых вложений. На сегодняшний день не все промышленные предприятия и эксплуатирующие организации могут себе это позволить.

Модернизация электрооборудования ТП предусматривает замену физически и морально устаревшего оборудования (высоковольтного оборудования: выключателей, разъединителей и изоляторов, трансформаторов силовых, тока и напряжения и пр.) для надежного и бесперебойного электроснабжения потребителей.

На всех подстанциях для изменения напряжения переменного тока служат силовые трансформаторы различного конструктивного исполнения, выпускаемые в широком диапазоне номинальных мощностей и напряжений, которые являются основным электрооборудованием подстанций.

Целью данной работы является необходимость понять можно или нет произвести замену на трансформаторных подстанциях силовых трансформаторов с привычных и широко применяемых масляных на сухие.

Достижение данной цели предполагает решение ряда следующих задач:

1. Описать общие требования и условия работы силовых трансформаторов с масляным и сухим охлаждением.

2. Произвести сравнительный анализ рассматриваемых силовых трансформаторов.

3. Сделать выводы, нужна ли такая модернизация на трансформаторных подстанциях.

Работа относится к теоретическим работам и может иметь практическую направленность, т.к. может быть использована при работе над курсовым и дипломным проектами.

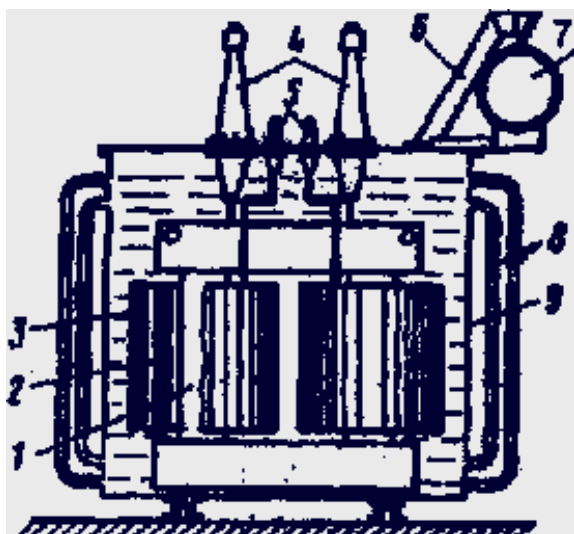
1 Устройство и эксплуатация силового масляного трансформатора

Масляный трансформатор выполняет функции преобразования электроэнергии в электрических сетях, и работают в условиях внутренней и наружной установки, температурные режимы окружающей среды могут колебаться от +40 С до -60 С. Они предназначены для работы в условиях, где окружающая среда может содержать пыль и примеси только в допустимых концентрациях, не должна быть взрывоопасной или химически активной.

Принцип работы силового масляного трансформатора состоит в том, что маслорасширитель компенсирует температурные изменения объема масла. В нем встроенный воздухоосушитель, который препятствует попаданию в трансформатор инородных тел, загрязнений и влаги.

Силовые масляные трансформаторы пользуются большим спросом. Такая популярность обоснована особенностью их устройства. В трансформаторах с масляным охлаждением магнитопровод с обмотками помещен в бак, наполненный трансформаторным маслом (рисунок 1.1). Омывая обмотки 2 и 3, магнитопровод 7, трансформаторное масло отбирает от них тепло и, обладая более высокой теплопроводностью, чем воздух, через стенки бака 9 и трубы радиатора 8 отдает его в окружающую среду. Наличие трансформаторного масла обеспечивает более надежную работу высоковольтных трансформаторов, так как электрическая прочность масла намного выше, чем воздуха. Масляное охлаждение интенсивнее воздушного, поэтому габариты и вес масляных трансформаторов меньше, чем у сухих трансформаторов такой же мощности. В маломощных трансформаторах применяют баки с гладкими стенками. У более мощных трансформаторов для увеличения охлаждаемой поверхности стенки бака делают ребристыми или же применяют трубчатые баки (рисунок 1.1). Масло, нагреваясь, поднимается вверх и, охлаждаясь, опускается вниз. При

этом масло циркулирует в трубах, что способствует более быстрому его охлаждению.



1 - магнитопровод; 2 и 3 - обмотки ВН и НН; 6 – выхлопная труба;
7 - расширитель; 8 - радиаторные трубы; 9-бак

Рисунок 1.1. Устройство трансформатора с масляным охлаждением

Для компенсации объема масла при изменении температуры и защиты масла трансформатора от окисления и увлажнения при контакте с воздухом в трансформаторах применяют расширитель 7, это цилиндрический сосуд, установленный на крышке бака и сообщающийся с ним. В процессе работы трансформаторов возможно бурное выделение газов, что ведет к значительному увеличению давления внутри бака, поэтому во избежание повреждения баков трансформаторы мощностью 1000 кВ • А и выше снабжают выхлопной трубой 6, которую устанавливают на крышке бака. Нижним концом труба сообщается с баком, а ее верхний конец заканчивается фланцем, на котором укреплен стеклянный диск. При давлении, превышающем безопасное для бака, стеклянный диск ломается, и газы выходят наружу.

Трансформаторы ТМ дополнительно требуют проведения систематических осмотров для определения степени увлажнения сорбента воздухоосушителя. В трансформаторах типа ТМЗ при хранении и эксплуатации необходимо систематически контролировать обязательное наличие избыточного давления

азота (необходимо его подкачивать даже при наличии полной герметизации), так как возможно снижение давления азота за счёт поглощения его маслом.

2 Устройство и эксплуатация силового сухого трансформатора

В настоящее время потребность в пожаробезопасных, экологически чистых силовых трансформаторах достаточно высока. Сухие трансформаторы больших мощностей и классов напряжения находят все более широкое применение. Они с естественным воздушным охлаждением предназначены для установки в сухих закрытых помещениях с относительной влажностью воздуха не выше 80 % при отсутствии в атмосфере помещений агрессивных веществ и пыли. Различают следующие конструкции сухих трансформаторов: сухие трансформаторы по технологии «монолит», сухие трансформаторы с литой обмоткой, сухие трансформаторы с открытой обмоткой (рисунок 2.1).

Обмотки отечественных трансформаторов серии ТСЗ выполняют из алюминиевого, а серии ТСЗС — из медного провода с изоляцией класса нагревостойкости В. Каждый трансформатор имеет защитный кожух, предохраняющий активную часть трансформатора от попадания посторонних предметов и допускающий доступ охлаждающего воздуха. В России в последние годы получили распространение сухие трансформаторы с литой изоляцией "Trihal" (фирма "Шнейдер Электрик", Франция). Литая изоляция класса F, залитая в вакууме, состоит из эпоксидной смолы на основе бифенола необходимой вязкости, обеспечивающей хорошее качество пропитки обмоток; ангидридного отвердителя; активного порошкового наполнителя, состоящего из кремнезема (двуокись кремния) и тригидрата алюминия, тщательно смешанных со смолой и отвердителем; кремнезем усиливает механическую прочность литой изоляции и улучшает теплоотдачу. Обмотка низкого напряжения изготавливается из алюминиевой ленты (или медной); обмотку высокого напряжения выполняют из изолированного алюминиевого провода (или медного). Воздушная среда по сравнению с маслом обладает

меньшими изолирующими свойствами, поэтому к изоляции обмоток сухих трансформаторов предъявляют повышенные требования.

При технологии «монолит» процесс заливки осуществляется в глубоком вакууме. Во время работы и при перегрузках литая эпоксидная изоляция не выделяет продукты. Особые свойства сухого трансформатора позволяют использовать его в помещениях с повышенными требованиями к пожарной и экологической безопасности, во встроенных подстанциях с опасными (тяжелыми и агрессивными) условиями эксплуатации электрооборудования.

В сухих трансформаторах с открытой обмоткой катушки пропитываются по технологии вакуум-давление пропиточной смолой, что дает прочное изоляционное покрытие толщиной до 0,2 мм, которое гарантирует надежный уровень изоляции и защиты от воздействия окружающей среды, в то же время не препятствует эффективному охлаждению катушки. При использовании изоляционных профилей и высокопрочных изоляторов из фарфора, в конструкции сухого трансформатора формируются вертикальные и горизонтальные каналы для охлаждения, что эффективно охлаждает обмотки. Благодаря конвекционным потокам воздуха при охлаждении сухой трансформатор устойчив к загрязнениям.



Рисунок 2.1. Силовые сухие трансформаторы

Сухой трансформатор при эксплуатации может подвергаться различным агрессивным воздействиям.

3 Достоинства и недостатки силовых масляных и сухих трансформаторов

На энергоэффективность сетевых компаний влияют не только затраты на собственные нужды подстанций, но и потери электрической энергии в линиях электропередач и в трансформаторах. В связи с этим при сравнении сухих и масляных трансформаторов необходимо оценивать и потери в них, которые являются показателем энергоэффективности электрооборудования. В таблице 3.1 показаны потери для трансформаторов обоих типов.

Таблица 3.1- Сравнение потерь: масляные и сухие трансформаторы

Потери масляных трансформаторов			Потери сухих трансформаторов		
Киловольт-ампер	Половина нагрузки (W)	Полная нагрузка (W)	Киловольт-ампер	Половина нагрузки (W)	Полная нагрузка (W)
500	2465	4930	500	5000	10000
750	3950	7900	750	7500	15000
1000	4360	8720	1000	8200	16400
1500	6940	13880	1500	11250	22500
2000	8155	16310	2000	13200	26400

До недавнего времени в электрических сетях России преимущественно использовались силовые масляные трансформаторы, так как у них относительно невысокой стоимостью. При этом недостатком масляных трансформаторов является их пожароопасность, что не позволяет располагать эти трансформаторы максимально близко к потребителям. Кроме этого, необходимо отслеживать состояние трансформаторного масла, которое выполняет функцию не только охлаждающей среды, но и главной изоляции,

что приводит к значительно большим эксплуатационным затратам, чем при использовании сухих трансформаторов.

Сухие трансформаторы представляют собой один из современных экологически- и пожаробезопасных типов оборудования. Они могут устанавливаться в непосредственной близости от потребителей, а также в жилых домах, что приводит к значительному сокращению длины низковольтных линий, а значит и потерь в них.

При выборе того или иного типа трансформатора обычно руководствуются как техническими характеристиками (потери, условия охлаждения, длительность перегрузок), так и экономическими показателями (стоимость, частота обслуживания, ремонтпригодность и др.)

Как маслonaполненные, так и сухие трансформаторы имеют ряд преимуществ и недостатков.

Маслonaполненные трансформаторы, как правило, являются более энергоэффективными, чем сухие. Кроме этого, масляные трансформаторы допускают большие перегрузки, чем сухие.

Именно это обстоятельство обуславливает тот факт, что предприятия реже приобретают сухие трансформаторы. На рисунке 3.1 приведено сравнение потерь электроэнергии в сухих и масляных трансформаторах при полной их загрузке.

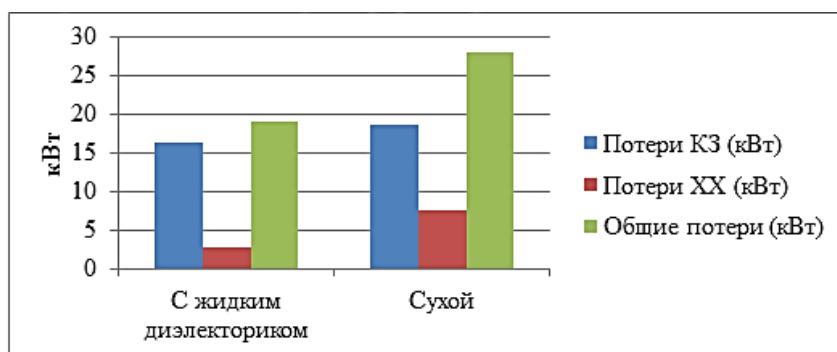


Рисунок 3.1. Потери при 100% загрузке сухих и маслonaполненных трансформаторов мощностью 2500 кВА

Сухие трансформаторы широко применяются на промышленных предприятиях, химических производствах, металлургических комбинатах, объектах нефтегазовой отрасли. Это объясняется тем, что отсутствует необходимость в системе пожаротушения, появляется возможность разместить трансформаторы в непосредственной близости от центра электрических нагрузок, что позволяет оптимизировать схему электроснабжения, а также свести к минимуму использование линий низкого напряжения. Поэтому, даже при значительных начальных капитальных вложениях, сухой трансформатор позволит существенно экономить электроэнергию за счёт снижения потерь в кабельных сетях низкого напряжения.

Срок службы сухого трансформатора 15-25 лет, масляного трансформатора 25-35 лет. Так как масляные трансформаторы эксплуатируются дольше, чем сухие, это позволяет существенно экономить, их приходится реже заменять.

Рекомендуемое ежегодное обслуживание типичного сухого трансформатора заключается в осмотре, инфракрасном обследовании болтовых соединений, чистке пылесосом обмоток и решеток для поддержания требуемого охлаждения и для предотвращения образования воспламеняющегося материала.

Чистка решеток и обмоток может сопровождаться нежелательным отключением трансформатора, поэтому часто отказываются от чистки. Пропуск чистки приводит к снижению потока воздуха, из-за чего уменьшается эффективность трансформатора, а также повышается опасность возгорания.

Профилактическое обслуживание маслonaполненного трансформатора, чаще всего, включает в себя забор и анализ проб масла (исключение составляет герметичные трансформаторы). Анализ масла дает возможность достаточно точно оценить состояние трансформатора, что невозможно в случае трансформаторов сухого типа.

Ремонтопригодность масляных трансформаторов также является их несомненным плюсом, т.к. залитые смолой обмотки сухих трансформаторов не подлежат ремонту, их необходимо заменять.

4 Технико-экономический выбор варианта электроснабжения

Для решения выбора трансформатора выполнили экономическое обоснование через приведенные затраты $Z_{пр}$, руб.

Приведенные затраты на трансформаторы $Z_{пр}$, руб. определили по формуле

$$Z_{пр} = E_n \cdot K + C_{год}, \quad (4.1)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности;

K – капитальные затраты, руб;

$C_{год}$ – ежегодные эксплуатационные расходы, руб.

Капитальные затраты K , руб. определили по формуле

$$K = 2 \cdot K_{тр.}, \quad (4.2)$$

где $K_{тр}$ – стоимость трансформатора, руб.

Стоимость трансформатора $K_{тр}$, руб. определили по формуле

$$K_{тр} = Ц_{тр} + Z_{дост.исп.монт.}, \quad (4.3)$$

где $Ц_{тр}$ – цена трансформатора, руб.;

$Z_{дост.исп.монт}$ - затраты на доставку, испытания и монтаж трансформатора, руб.

Затраты на доставку испытания и монтаж трансформатора определили в размере 10%,

$$K_{тр1}=1312500+131250=1443750 \text{ руб}; \quad K_{тр2}=823200+82320=905520 \text{ руб};$$

$$K_1 = 2 \cdot 1443750 = 2887500 \text{ руб.};$$

$$K_2 = 2 \cdot 905520 = 1811040 \text{ руб.}$$

Ежегодные эксплуатационные расходы $C_{\text{год}}$, руб. определили по формуле

$$C_{\text{год}} = C_{\text{пот}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{обсл}} + C_{\text{р}}, \quad (4.4)$$

где $C_{\text{пот}}$ – стоимость потерь потребляемой электроэнергии, руб.;

$C_{\text{а}}$ – амортизационные отчисления, руб.;

$C_{\text{обсл}}$ – стоимость обслуживания электрооборудования, руб.;

$C_{\text{р}}$ – стоимость ремонта электрооборудования, руб.

Стоимость потерь потребляемой электроэнергии $C_{\text{пот}}$, руб. определили по формуле

$$C_{\text{пот}} = C \cdot \Delta P \cdot T_{\text{мах}}, \quad (4.5)$$

где C – стоимость электроэнергии, руб/кВт·час;

ΔP – потери мощности в трансформаторе, кВт;

$T_{\text{мах}}$ – время работы оборудования в год, час.

Суммарные потери мощности в линиях и трансформаторе определили по формуле

$$\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{т}}, \quad (4.6)$$

где $\Delta P_{\text{л}}$ – потери мощности в ЛЭП, кВт;

$\Delta P_{\text{т}}$ – потери мощности в трансформаторе, кВт.

Потери мощности в ЛЭП $\Delta P_{\text{л}}$, кВт определили по формуле

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta p \cdot l_{\text{расч}}^2 \cdot 2 \cdot 1, \quad (4.7)$$

где Δp – потери мощности в кабеле, кВт;

l – длина кабеля, км,

$$\Delta P_{\text{л}} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 92,38^2 \cdot 2 \cdot 0,95 = 16,21 \text{ кВт.}$$

4.2.2.9 Потери электроэнергии Δp , кВт определили по формуле

$$\Delta P_{\text{т}} = n \left(\Delta P'_{\text{хх}} + k_3 \cdot \Delta P'_{\text{м}} \right), \quad (4.8)$$

где n – количество трансформаторов, шт.;

$\Delta P'_{\text{хх}}$ – приведенные потери мощности холостого хода, кВт;

k_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

$\Delta P'_m$ – приведенные потери активной мощности в меди, кВт.

Приведенные потери мощности холостого хода $\Delta P'_{xx}$, кВт определили по формуле

$$\Delta P'_{xx} = \Delta P_{xx} + k_{ЭК} \cdot \Delta Q_{xx}, \quad (4.9)$$

где ΔP_{xx} – потери мощности холостого хода в трансформаторе, кВт;

ΔQ_{xx} – реактивные потери мощности холостого хода, кВАр;

$k_{ЭК}$ – экономический эквивалент реактивной мощности, кВт/кВАр.

Реактивные потери мощности холостого хода в трансформаторе определили по формуле

$$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{xx}}{100} \cdot S_{НОМ}, \quad (4.10)$$

где i_{xx} – потери тока холостого тока трансформатора, %,

$$\Delta Q_{xx1} = \frac{1,5}{100} \cdot 1600 = 24 \text{кВАр};$$

$$\Delta Q_{xx2} = \frac{1}{100} \cdot 1600 = 16 \text{кВАр};$$

$$\Delta P'_{xx1} = 3,1 + 0,02 \cdot 24 = 3,58 \text{кВт}; \quad \Delta P'_{xx2} = 2,05 + 0,02 \cdot 16 = 2,37 \text{кВт}.$$

Приведенные потери активной мощности в меди трансформатора $\Delta P'_m$, кВт определили по формуле

$$\Delta P'_m = \Delta P_{кз} + k_{ЭК} \cdot \Delta Q_{кз}, \quad (4.11)$$

где $\Delta P_{кз}$ – потери мощности при коротком замыкании трансформатора, кВт;

$\Delta Q_{кз}$ – реактивные потери мощности при коротком замыкании в трансформаторе, кВАр.

Реактивные потери мощности при коротком замыкании в трансформаторе $\Delta Q_{кз}$, кВАр определили по формуле

$$\Delta Q_{кз} = \frac{U_{кз}}{100} \cdot S_{НОМ.ТР}, \quad (4.12)$$

где $U_{кз}$ – потери напряжения при коротком замыкании в трансформаторе,

$$\Delta Q_{кз1} = \frac{5,5}{100} \cdot 1600 = 96 \text{кВАр}; \quad \Delta Q_{кз2} = \frac{5,5}{100} \cdot 1600 = 96 \text{кВАр};$$

$$\Delta P'_{M1} = 11,5 + 0,02 \cdot 96 = 13,42 \text{ кВт};$$

$$\Delta P'_{M2} = 16,5 + 0,02 \cdot 96 = 18,42 \text{ кВт}.$$

Коэффициент загрузки трансформаторов k_3 определили по формуле

$$k_3 = \frac{S_{\Sigma}}{n \cdot S_{\text{НОМ.ТР.}}}, \quad (4.13)$$

где S_{Σ} - полная расчетная мощность цеха, кВА,

$$k_3 = \frac{4109,4}{4 \cdot 1600} = 0,64;$$

$$\Delta P_{T1} = 4(3,58 + 0,64 \cdot 13,42) = 48,7 \text{ кВт}; \quad \Delta P_{T2} = 4(2,37 + 0,64 \cdot 18,42) = 56,7 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_1 = 16,21 + 48,7 = 64,91 \text{ кВт}; \quad \Delta P_2 = 16,21 + 56,7 = 72,91 \text{ кВт};$$

$$C_{\text{от1}} = 3,05 \cdot 64,91 \cdot 6200 = 1227448 \text{ руб};$$

$$C_{\text{пот2}} = 3,05 \cdot 72,91 \cdot 6200 = 1378728 \text{ руб}.$$

Амортизационные отчисления C_a , руб определили по формуле

$$C_a = \frac{H_{\text{АМ}}}{100} \cdot K, \quad (4.14)$$

где $H_{\text{ам}}$ – норма амортизационных отчислений, %,

$$C_{a1} = \frac{7,3}{100} \cdot 2887500 = 210787,5 \text{ руб}; \quad C_{a1} = \frac{7,3}{100} \cdot 1811040 = 132205,92 \text{ руб}.$$

Стоимость ремонта электрооборудования C_p , руб. определили по формуле

$$C_p = \frac{H_{\text{отч}}}{100} \cdot K, \quad (4.15)$$

где $H_{\text{отч}}$ – норма отчислений за ремонт трансформатора;

$$C_{p1} = \frac{8 \cdot 2887500}{100} = 231000 \text{ руб}; \quad C_{p2} = \frac{8 \cdot 1811040}{100} = 144883 \text{ руб}.$$

Стоимость обслуживания электрооборудования $C_{\text{обсл}}$, руб. определили по формуле

$$C_{\text{обсл}} = \frac{N_{\text{отч}} \cdot (C_{\text{ам}} + C_{\text{пот}} + C_{\text{р}})}{100}, \quad (4.16)$$

$$C_{\text{обсл1}} = \frac{8 \cdot (210787,5 + 1710456 + 231000)}{100} = 172179,48 \text{руб};$$

$$C_{\text{год1}} = 210787,5 + 1227448 + 231000 + 172179,48 = 1841414,9 \text{руб};$$

$$C_{\text{год2}} = 132205,92 + 1378728 + 144883 + 174082 = 1829898,9 \text{руб};$$

$$Z_{\text{пр1}} = 0,15 \cdot 2887500 + 1841414,9 = 2274539,9 \text{руб};$$

$$Z_{\text{пр2}} = 0,15 \cdot 1811040 + 1829898,9 = 2101554,9 \text{руб}.$$

Результаты расчетов занесли в таблицу 4.1.

С учетом технических характеристик и экономических показателей (на 11.4% приведенные затраты выше при допустимых до 25%) в схеме электроснабжения объекта целесообразнее использовать сухой трансформатор, так как при применении ТСЗ не нужно проводить каждый год анализ масла по нескольким показателям, а также регулярно проверять уровень масла в расширительном бачке. В случае аварии масло может способствовать возгоранию производственного оборудования. Таким образом ТСЗ в течение 2 лет окупает стоимость обслуживания ТМЗ.

Таблица 4.1 - Техничко-экономические показатели

Вариант	Тип трансформатора	Стоимость потерь, руб.	Потери, кВт		Приведенные затраты, руб.
			х.х.	к.з.	
1 (сухой)	ТСЗ-1600/10	1227448	3,1	11,5	2274539,9
2 (масляный)	ТМЗ-1600/10	1378728	2,05	16,5	2101554,9

Заключение

В данной работе была рассмотрена возможность замены силовых масляных трансформаторов на сухие на трансформаторных подстанциях как элемент модернизации ее, а также устройство и эксплуатация масляных и сухих трансформаторов.

Срок службы у силовых масляных и сухих трансформаторов одинаковый, но масляные трансформаторы дешевле в два раза, обладают более высокой стойкостью к нагрузкам. Сухой трансформатор – это, прежде всего, безопасность. Есть объекты, к которым предъявляются повышенные требования в отношении пожаробезопасности и взрывозащищенности, экологической чистоты и низкого уровня шума. На такие объекты никакие другие трансформаторы, кроме сухих, поставить нельзя. Поэтому установка сухих трансформаторов целесообразна в помещениях и на производствах с повышенной опасностью возгораний и в местах с высокими требованиями к экологическим показателям и пожаробезопасности (детские учреждения, школы, парковые зоны, клиники). Их бесспорным преимуществом является то, что они безопасны при установке в жилых помещениях и непосредственно на производствах, что обусловлено отсутствием в конструкции жидкостей, представляющих пожарную опасность.

Поставленные в работе задачи были решены, а именно выполнен сравнительный анализ рассматриваемых силовых трансформаторов и произведено технико-экономическое сравнение.

Цель исследовательской работы достигнута.

Поставленные в работе цели и задачи решаются благодаря новым научным и практическим достижениям, передовым разработкам в сфере систем электроснабжения и возможностью управления данными системами в широких пределах.

Таким образом, нельзя сделать однозначный вывод о том, какой из трансформаторов является более энерго- и экономически эффективным. Современные технологии позволяют компенсировать имеющиеся ранее недостатки как сухих, так и масляных трансформаторов. Поэтому можно сделать вывод о взаимодополнении сухих и масляных трансформаторов. Решение о необходимости использования того или иного трансформатора определяется с учетом индивидуальных потребностей заказчика и условий его эксплуатации.

Список используемых источников

1 Выбор сухого и маслонаполненного трансформатора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forca.ru/stati/podstancii/vybor-suhogo-ili-maslonapolnennogo-transformatora.html>.

2 Сухие силовые трансформаторы. Выбор, устройство, характеристики трансформаторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eti.su/articles/visokovoltnaya-tehnika/visokovoltnaya-tehnika_327.html.

3 Новости электротехники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2011/68/13.php>.

4 Сергеев И.В., Экономика предприятия, -М, Финансы и статистика, 2014.