



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

**ТРАНСФОРМАТОРЫ СИЛОВЫЕ
МАСЛЯНЫЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**
ДОПУСТИМЫЕ НАГРУЗКИ

**ГОСТ 14209—85
(СТ СЭВ 3916—82)**

Издание официальное

Цена 15 коп.

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ
Москва



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
СОЮЗА ССР

**ТРАНСФОРМАТОРЫ СИЛОВЫЕ
МАСЛЯНЫЕ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**
ДОПУСТИМЫЕ НАГРУЗКИ

ГОСТ 14209—85
(СТ СЭВ 3916—82)

Издание официальное

МОСКВА — 1985



РАЗРАБОТАН Министерством электротехнической промышленности
ИСПОЛНИТЕЛИ

И. Д. Воеводин, Ю. С. Гитин, О. И. Сисуненко, Б. С. Тимченко

ВНЕСЕН Министерством электротехнической промышленности

Зам. министра Ю. А. Никитин

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 31 января 1985 г. № 236

Редактор С. И. Бобарыкин
Технический редактор О. Н. Никитина
Корректор Н. Л. Шнайдер

Сдано в наб. 21.02.85 Подл. к печ. 14.05.85 4,0 усл. печ. л. 4,25 усл. кр.-отт. 2,92 уч.-изд. л. Тираж 12 000 Цена 15 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП, Новопресненский пер., 3
Тип. «Московский печатник», Москва, Ляля пер., 6. Зак. 321

© Издательство стандартов, 1985

**ТРАНСФОРМАТОРЫ СИЛОВЫЕ МАСЛЯНЫЕ
ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ****Допустимые нагрузки**

Oil-immersed general-purpose power transformers. Permissible loads

**ГОСТ
14209—85****(СТ СЭВ 3916—82)**

ОКСТУ 34 1100

Взамен
ГОСТ 14209—69

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 31 января 1985 г. № 236 срок действия установлен
с 01.07.85
до 01.07.90

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт устанавливает допустимые нагрузки силовых масляных трансформаторов общего назначения мощностью до 100000 кВ·А включительно с видами охлаждения М, Д, ДЦ и Ц, соответствующие ГОСТ 11677—75.

Стандарт не распространяется на трансформаторы с направленным потоком масла в обмотках.

Стандарт устанавливает метод расчета допустимых систематических нагрузок и аварийных перегрузок по задаваемым исходным данным, а также нормы таких нагрузок и перегрузок для точного графика нагрузки трансформаторов с учетом температуры охлаждающей среды.

Стандарт соответствует СТ СЭВ 3916—82 в части метода расчета допустимых нагрузок и перегрузок трансформаторов и Публикации МЭК 354 (1972) в части метода расчета допустимых нагрузок и перегрузок трансформаторов по суточным двухступенчатым прямоугольным графикам нагрузки.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Значение и продолжительность допустимых нагрузок и перегрузок трансформаторов, а также расчетный износ витковой изоляции обмоток при аварийных перегрузках следует определять для прямоугольных двухступенчатых или многоступенчатых графиков нагрузки, в которые необходимо преобразовать исходные графики нагрузки в соответствии с обязательным приложением 1.

Параметры исходного графика нагрузки определяются по данным средств измерений, которыми оснащены трансформаторы, либо по результатам периодических измерений, предусмотренных «Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей».

Нагрузка трансформатора выше его номинальной мощности допускается только при исправной и полностью включенной системе охлаждения трансформатора.

1.2. Допустимые систематические нагрузки не вызывают сокращения нормируемого срока службы трансформатора, так как за продолжительность графика нагрузки обеспечивается нормальный или пониженный против нормального расчетный износ изоляции.

1.3. Допустимые аварийные перегрузки вызывают повышенный по сравнению с нормальным расчетный износ витковой изоляции, что может привести к сокращению нормированного срока службы трансформатора, если повышенный износ впоследствии не компенсирован нагрузками с износом витковой изоляции ниже нормального.

1.4. При определении допустимых систематических нагрузок температуру охлаждающей среды за продолжительность графика нагрузки или за весь период повторения графика следует принимать равной среднему значению, если при этом температура положительна и ее изменение не превышает 12°C. При изменении температуры охлаждающей среды, превышающем 12°C, или при отрицательных значениях температуры охлаждающего воздуха необходимо использовать эквивалентное значение температуры, рассчитываемое в соответствии с обязательным приложением 2.

При определении допустимых аварийных перегрузок температуру охлаждающей среды принимать по ее измеренным значениям во время возникновения аварийной перегрузки. Допускается при проектировании систем электроснабжения промышленных предприятий и других объектов выби-



рать мощность трансформаторов по условиям аварийных перегрузок по табл. 2 справочного приложения 3. Нормы, указанные в табл. 2 приложения 3, определены для предшествующей нагрузки, не превышающей 0,8 от номинальной.

1.5. При неравномерной нагрузке трансформатора по фазам допустимые нагрузки и перегрузки следует определять для наиболее нагруженной фазы обмотки.

1.6. Для трехобмоточных трансформаторов допустимые нагрузки и перегрузки следует определять для наиболее нагруженной обмотки.

1.7. Допустимые нагрузки и перегрузки трансформаторов с видом охлаждения Д при отключенных вентиляторах следует определять, исходя из номинальной мощности таких трансформаторов с видом охлаждения М.

1.8. Для трансформаторов с расщепленной обмоткой допускаются те же перегрузки, отнесенные к номинальной мощности каждой ветви, что и для трансформаторов с нерасщепленной обмоткой. Допускаются дополнительные перегрузки одной ветви за счет недогрузки другой, если об этом имеются указания в технической документации.

1.9. Допустимые систематические нагрузки и аварийные перегрузки, как и износ витковой изоляции при аварийных перегрузках трансформаторов, для суточного двухступенчатого прямоугольного графика нагрузки следует определять по табл. 1—14 и табл. 1—17 справочного приложения 8.

При необходимости определения максимально допустимых нагрузок и перегрузок с повышенной точностью по измеренным значениям параметров трансформатора, а также при суточных повторяющихся двухступенчатых графиках с продолжительностью максимума нагрузки свыше 12 ч или при графиках нагрузки с циклом повторения не равным суткам, как и при всех видах многоступенчатых графиков нагрузки, следует пользоваться методом расчета, приведенным в разд. 2. В случае определения максимально допустимых аварийных перегрузок расчетом необходимо дополнительно учитывать требования п. 4.5.

1.10. Допускается использование норм допустимых нагрузок и перегрузок, отличающихся от указанных в п. 1.9, но при обязательном условии, чтобы в этих нормах значения допустимых перегрузок и их продолжительности при прочих равных условиях не превышали бы значений, полученных расчетом по методу, приведенному в разд. 2, с использованием при этом одних и тех же исходных данных и ограничений. Пример таких норм приведен в справочном приложении 3.

При выборе мощности трансформаторов систем электроснабжения промышленных предприятий и других объектов допускается использование норм допустимых перегрузок по табл. 2 справочного приложения 3.

1.11. Максимальные значения допустимых нагрузок и перегрузок, рассчитываемых для обмоток трансформаторов, не должны ограничиваться нагрузочными характеристиками таких комплектующих трансформаторы изделий, как вводы, устройства переключения отводов обмоток, встроенных трансформаторов тока и измерителей температуры масла.

2. РАСЧЕТ ДОПУСТИМЫХ НАГРУЗОК, ПЕРЕГРУЗОК И ИЗНОСА ВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК

2.1. Исходные данные для расчета и их условные обозначения

2.1.1. Исходные данные номинального режима:

$S_{ном}$ — мощность, «В·А»;

$I_{ном}$ — ток, А;

$P_{н.ном}$ — потери короткого замыкания, Вт;

$P_{о.ном}$ — потери холостого хода, Вт;

$d = \frac{P_{н.ном}}{P_{о.ном}}$ — отношение потерь короткого замыкания к потерям холостого хода;

$\theta_{м.ном}$ — превышение температуры масла в верхних слоях над температурой охлаждающей среды, °С;

$\theta_{шт.ном}$ — превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки над температурой охлаждающей среды, °С;

$\theta_{шт.м.ном}$ — превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки над температурой масла в верхних слоях, °С;

τ — тепловая постоянная времени трансформатора, ч;

при неизвестном ее значении допускается принимать по справочному приложению 4;

$\tau_{об}$ — тепловая постоянная времени обмотки, ч.

2.1.2. Определяемые и другие принятые данные для расчета допустимых нагрузок и перегрузок:

$\theta_{охл}$ — температура охлаждающей среды, °С;

$\theta_{шт}$ — температура наиболее нагретой точки обмотки, °С;

$\theta_{м}$ — температура масла в верхних слоях, °С;

$\theta_{\text{ннт}}$ — превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки над температурой охлаждающей среды, °C;

$\theta_{\text{м}}$ — превышение температуры масла в верхних слоях над температурой охлаждающей среды, °C;

$\theta_{\text{ннт.м}}$ — превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки над температурой масла в верхних слоях, °C;

S — мощность нагрузки, кВт·А; определяется в соответствии с приложением 1;

I — ток нагрузки, А; определяется в соответствии с приложением 1;

$K_1 = \frac{S_1}{S_{\text{ном}}} = \frac{I_1}{I_{\text{ном}}}$ — начальная нагрузка, предшествующая нагрузке или перегрузке K_2 или нагрузке после снижения K_2 , в долях номинальной мощности или номинального тока; определяется в соответствии с приложением 1;

$K_2 = \frac{k_1}{S_{\text{ном}}} \frac{I_2}{I_{\text{ном}}}$ — нагрузка или перегрузка, следующая за начальной нагрузкой K_1 , в долях номинальной мощности или номинального тока, определяется в соответствии с приложением 1;

k_1 — подстрочный индекс, обозначающий установившееся значение величины при нагрузке K_1 ;

k_2 — подстрочный индекс, обозначающий установившееся значение величины при нагрузке или перегрузке K_2 ;

T — продолжительность графика нагрузки в единицах времени; для суточного графика, ч;

h — продолжительность нагрузки K_2 на двухступенчатом суточном графике нагрузки, ч; или подстрочный индекс, обозначающий значение величины в момент окончания продолжительности h ;

Δt — интервал времени на продолжительности графика нагрузки, в единицах времени; для суточных графиков нагрузки, ч; или подстрочный индекс, обозначающий величину в момент окончания интервала времени Δt ;

t — мгновенное значение времени на продолжительности графика нагрузки, в единицах времени; для суточных графиков нагрузки, ч; или подстрочный индекс, обозначающий значение величины в данный момент времени;

(t) — функциональная зависимость величины от времени;

i — подстрочный индекс, обозначающий порядковый номер в числовом ряде величин;

$e=2,718$ — основание натуральных логарифмов.

2.1.3. Исходные данные к расчету износа витковой изоляции и ограничения допустимых нагрузок и перегрузок:

$\theta_{\text{ннт.б}}$ — базовая условно постоянная температура наиболее нагретой точки обмотки, при которой скорость расчетного износа витковой изоляции соответствует сроку службы трансформатора, условно принятому за единицу, °C; для витковой изоляции класса нагревостойкости А $\theta_{\text{ннт.б}}=98^\circ\text{C}$;

$\theta_{\text{ннт.мах}}$ — максимально допустимое значение температуры наиболее нагретой точки обмотки: для систематических нагрузок 140°C ; для аварийных перегрузок трансформаторов классов напряжения 110 кВ и ниже 160°C ; 140°C — для трансформаторов напряжения выше 110 кВ;

$\theta_{\text{м.мах}}$ — максимально допустимые температуры масла в верхних слоях: для систематических нагрузок 95°C ; для аварийных перегрузок 115°C ;

$K_{2\text{мах}}$ — максимальная величина перегрузки: для допустимых систематических нагрузок 1,5; для допустимых аварийных перегрузок 2,0;

Δ — температурный интервал, при изменении на который температуры наиболее нагретой точки обмотки расчетный износ витковой изоляции изменяется в два раза; принимать $\Delta=6^\circ\text{C}$, если нет других значений, определяемых из характеристик витковой изоляции «температура — срок службы»;

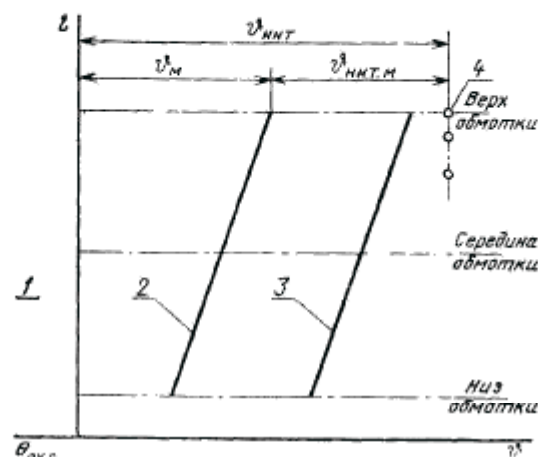
F — относительный расчетный износ витковой изоляции, как отношение износа при температуре наиболее нагретой точки обмотки $\theta_{\text{ннт}}$ за принятый промежуток времени к нормальному износу при базовой температуре $\theta_{\text{ннт.б}}$ за этот же промежуток времени, в единицах «нормального износа»; для суточного графика нагрузки — в «нормальных сутках» износа.

Единица «нормального износа» — износ витковой изоляции обмотки за принятое время при неизменной температуре проводника обмотки 98°C .

2.2. Схемы распределения температуры

2.2.1. При расчете следует принимать упрощенную схему распределения температуры (черт 1), в которой приняты допущения.

Упрощенная схема распределения температуры масла и обмотки по высоте обмотки



l — линейный размер по вертикали бака и обмотки; θ — превышение температуры; 1 — охлаждающая среда; 2 — изменение температуры масла в баке по высоте обмотки; 3 — изменение средней температуры частей (катушек) обмотки по ее высоте; 4 — наиболее нагретая точка обмотки

Черт. 1

2.2.1.1. Температура масла изменяется линейно по высоте обмотки и не изменяется в верхней части бака.

2.2.1.2. Среднее превышение температуры участков винтовой или цилиндрической обмотки по условным их горизонтальным сечениям или по отдельным катушкам катушечной обмотки изменяется линейно по высоте обмотки и параллельно принятому изменению температуры масла.

2.2.1.3. Наиболее нагретая точка обмотки может быть расположена на различном расстоянии от верхнего края обмотки.

2.2.2. При расчете следует принимать упрощенную схему изменения превышений температуры масла и обмоток для двухступенчатого прямоугольного графика нагрузки по черт. 2, который содержит допущения.

2.2.2.1. Температура охлаждающей среды за продолжительность графика нагрузки или в течение перегрузки принимается условно постоянной, в соответствии с п. 1.4.

2.2.2.2. Температура наиболее нагретой точки обмотки в каждый момент времени t определяется, как сумма трех составляющих

$$\theta_{ННТ,t} = \theta_{ох,t} + \theta_{М,t} + \theta_{ННТ,М,t} \quad (1)$$

т. е. допускается, что превышения температуры $\theta_{М,t}$ и $\theta_{ННТ,М,t}$ независимы от температуры охлаждающей среды в интервале ее изменения от 40 до минус 20°C.

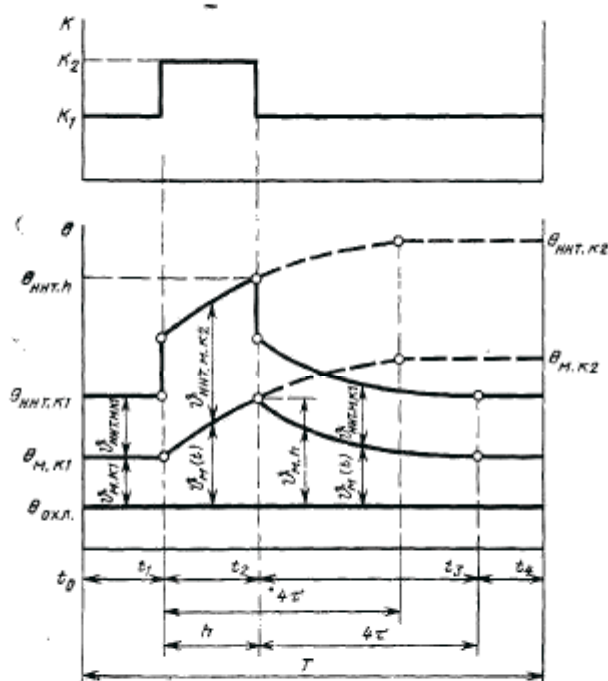
2.2.2.3. При нагрузках и перегрузках продолжительностью 0,5 ч и более не учитывается переходный процесс изменения температуры обмотки при ступенчатом изменении нагрузки, т. е. при этом тепловая постоянная времени обмотки не учитывается, а принимается, что температура обмотки при изменениях нагрузки мгновенно достигает нового установившегося значения и далее изменяется аналогично изменению температуры масла.

2.2.2.4. При расчете не учитывается изменение сопротивления обмоток, теплоемкости и вязкости масла с повышением температуры, вследствие практически приемлемой компенсации взаимного их влияния на температуру обмоток.

2.2.3. При кратковременных нагрузках и перегрузках продолжительностью менее 0,5 ч и при интервалах между перегрузками менее $4\tau_{об}$ температуру обмотки необходимо определять с учетом $\tau_{об}$.

2.2.4. Изменения температуры в переходных тепловых процессах, т. е. при учете тепловых постоянных времени, принимать протекающими по экспоненциальному закону, а допустимо установившиеся значения температуры при этом достигаются за промежуток времени, равный четырем тепловым постоянным времени.

Изменения температуры масла и обмотки, соответствующие двухступенчатому прямоугольному графику нагрузки трансформатора



Черт. 2

2.2.5. Если график нагрузки является многоступенчатым, то его следует разбить на участки с двухступенчатой или одноступенчатой нагрузкой. Расчет в этом случае проводится последовательно для каждого участка; при этом каждая предыдущая нагрузка является начальной для следующего участка графика и т. д., в соответствии с черт. 2 приложения 1.

2.3. Расчет температуры наиболее нагретой точки обмотки

2.3.1. Температуру наиболее нагретой точки обмотки в установившемся тепловом режиме (при нагрузках K_1 или K_2) следует рассчитывать по формулам:

$$\theta_{\text{ннт},k} = \theta_{\text{охл}} + \vartheta_{m,k} + \vartheta_{\text{ннт},m,k}, \quad (2)$$

$$\vartheta_{m,k} = \vartheta_{m,\text{ном}} \left(\frac{1+dK^2}{1+d} \right)^x, \quad (3)$$

$$\vartheta_{\text{ннт},m,k} = (\vartheta_{\text{ннт},\text{ном}} - \vartheta_{m,\text{ном}}) K^y = \vartheta_{\text{ннт},m,\text{ном}} \cdot K^y, \quad (4)$$

где K — значения нагрузок.

Если неизвестны другие значения, то принимать:

$x=0,9$ и $y=1,6$ для трансформаторов с видами охлаждения М и Д;

$x=1,0$ и $y=1,8$ для трансформаторов с видами охлаждения ДЦ и Ц.

2.3.2. Температуру наиболее нагретой точки обмотки в переходном тепловом режиме нагрева при продолжительности нагрузки $4t > h \geq 0,5$ ч следует рассчитывать по формулам:

$$\theta_{\text{ннт},h} = \theta_{\text{охл}} + \vartheta_{m,h} + \vartheta_{\text{ннт},m,h}, \quad (5)$$

$$\vartheta_{m,h} = \vartheta_{m,h1} + (\vartheta_{m,h2} - \vartheta_{m,h1})(1 - e^{-h/\tau}), \quad (6)$$

$$\vartheta_{\text{ннт},m,h2} = \vartheta_{\text{ннт},m,\text{ном}} \cdot K_2^y, \quad (7)$$

2.3.3. Температуру наиболее нагретой точки обмотки в переходном тепловом режиме нагрева при продолжительности нагрузки $h < 0,5$ ч рассчитывать по формулам:

$$\theta_{\text{ннт},h} = \theta_{\text{охл}} + \vartheta_{m,h} + \vartheta_{\text{ннт},m,h}, \quad (8)$$

$$\vartheta_{\text{ннт},m,h} = \vartheta_{\text{ннт},m,h1} + (\vartheta_{\text{ннт},m,h2} - \vartheta_{\text{ннт},m,h1})(1 - e^{-h/\tau}), \quad (9)$$

где $\vartheta_{m,h}$ — по формуле (6),

2.3.4. Температуру наиболее нагретой точки обмотки в переходном тепловом режиме снижения температуры при длительности снижения $4\tau > (t_3 - t_2) \geq 4\tau_{об}$ следует рассчитывать по формулам:

$$\Theta_{\text{ннт},t} = \Theta_{\text{охла}} + \vartheta_{\text{м},t} + \vartheta_{\text{ннт},\text{м},k,l}, \quad (10)$$

$$\vartheta_{\text{м},t} = \vartheta_{\text{м},k,l} + (\vartheta_{\text{м},h} - \vartheta_{\text{м},k,l}) e^{-t/\tau}, \quad (11)$$

$$\vartheta_{\text{ннт},\text{м},k,l} = \vartheta_{\text{ннт},\text{м},\text{ном}} \cdot K_l^{\gamma}, \quad (12)$$

2.3.5. Температуру наиболее нагретой точки обмотки в переходном тепловом режиме снижения температуры при длительности снижения $(t_3 - t_2) < 4\tau_{об}$ следует рассчитывать по формулам:

$$\Theta_{\text{ннт},t} = \Theta_{\text{охла}} + \vartheta_{\text{м},t} + \vartheta_{\text{ннт},\text{м},t}, \quad (13)$$

$$\vartheta_{\text{ннт},\text{м},t} = \vartheta_{\text{ннт},\text{м},k,l} + (\vartheta_{\text{ннт},\text{м},h} - \vartheta_{\text{ннт},\text{м},k,l}) e^{-t/\tau_{об}}, \quad (14)$$

где $\vartheta_{\text{м},t}$ — по формуле (11).

2.3.6. Предварительное приближенное (без выполнения расчетов) определение превышения температуры наиболее нагретой точки обмотки $\Theta_{\text{ннт},h}$ при различных нагрузках K_2 и $h > 0,5$ ч двухступенчатого суточного графика нагрузки допускается производить по графикам рекомендуемого приложения 5.

2.4. Расчет относительного износа витковой изоляции

2.4.1. Относительный износ витковой изоляции необходимо рассчитывать по каждому из m участков преобразованного в прямоугольную форму графика нагрузки, каждый продолжительностью Δt_i как показано на черт. 2 приложения 1. Затем по каждому интервалу Δt_i следует рассчитать $\Theta_{\text{ннт},i}(t)$ по формулам (2—14), где h и t заменить значениями Δt_i .

Относительный расчетный износ витковой изоляции по каждому участку графика необходимо определять по формуле

$$F_i = \frac{1}{T} \int_0^{\Delta t_i} 2^{(\Theta_{\text{ннт},i}(t) - \Theta_{\text{ннт},i}^{\text{норм}})^{\Delta}} dt, \quad (15)$$

Относительный износ за продолжительность T графика нагрузки будет равен сумме относительных износов по всем участкам:

$$F = \sum_{i=1}^{i=m} F_i, \quad (16)$$

2.4.2. Относительный износ витковой изоляции и допускается также определять по всему графику $\Theta_{\text{ннт}}(t)$ продолжительностью T . В этом случае график $\Theta_{\text{ннт}}(t)$ также необходимо разделить на m интервалов Δt_i . Участки графика с неизменным значением $\Theta_{\text{ннт}}$ принимать за один интервал. Участки графика с изменяющимся значением $\Theta_{\text{ннт}}$ по экспоненте (неустановившийся режим при $K = \text{const}$) необходимо разделить на интервалы, руководствуясь правилом: продолжительность первого и второго интервалов от начала экспоненты не должны превышать 0,3 τ каждый, третьего и четвертого интервала — не более τ каждый, продолжительности последующих интервалов не ограничиваются. В каждом интервале следует провести линии среднего значения $\Theta_{\text{ннт},i}$, а затем по каждому интервалу Δt_i графика $\Theta_{\text{ннт}}(t)$ рассчитывать относительный износ по формуле

$$F_i = \frac{\Delta t_i}{T} 2^{(\Theta_{\text{ннт},i} - \Theta_{\text{ннт},i}^{\text{норм}})^{\Delta}}, \quad (17)$$

Относительный износ за продолжительность графика нагрузки следует определять по формуле (16).

2.4.3. Относительный износ витковой изоляции для суточного двухступенчатого прямоугольного графика нагрузки с продолжительностью максимальной нагрузки в интервале $(24 - 4\tau) \geq h \geq 0,5$ ч следует определять как сумму относительных износов по трем характерным участкам графика изменения температуры (см. черт. 2) — с установившейся температурой, с повышением и снижением температуры

$$F = \frac{24 - h - 4\tau}{24} 2^{(\Theta_{\text{ннт},k,l} - \Theta_{\text{ннт},i}^{\text{норм}})^{\Delta}} + \frac{1}{24} \int_{t_1}^{t_2} 2^{(\Theta'_{\text{ннт},i}(t) - \Theta_{\text{ннт},i}^{\text{норм}})^{\Delta}} dt + \frac{1}{24} \int_{t_2}^{t_3} 2^{(\Theta''_{\text{ннт},i}(t) - \Theta_{\text{ннт},i}^{\text{норм}})^{\Delta}} dt, \quad (18)$$

где $\Theta'_{\text{ннт},i}(t)$ и $\Theta''_{\text{ннт},i}(t)$ — повышение и снижение температуры наиболее нагретой точки обмотки, выражаемые формулами (5—7) и (10—12), но не для конечных значений интервалов времени h и $(t_3 - t_2)$, а как функция их непрерывного изменения в этих интервалах.

2.4.4. Пример расчета $\Theta_{\text{шт.л}}$ и F (без применения ЭВМ) приведен в справочном приложении 6.

2.5. Расчет допустимых нагрузок и перегрузок

2.5.1. Расчет максимально допустимых нагрузок и перегрузок проводится в двух случаях:

с целью проверки допустимости предполагаемого графика нагрузки;

с целью определения возможных вариантов двухступенчатых суточных графиков нагрузки с максимальными K_2 при различных значениях K_1 и h .

2.5.2. Расчетную проверку допустимости любого преобразованного в прямоугольную форму заданного графика нагрузки необходимо выполнять по формулам (15—18) расчета относительного износа витковой изоляции.

2.5.2.1. Графики нагрузки, при которых $F \leq 1$ и не превышаются соответствующие ограничения по п. 2.1.3, следует относить к графикам допустимых систематических нагрузок.

2.5.2.2. Графики нагрузки, при которых $F > 1$ и не превышаются соответствующие ограничения по п. 2.1.3, следует относить к графикам допустимых аварийных перегрузок.

2.5.3. Расчет максимально допустимых систематических нагрузок и аварийных перегрузок двухступенчатого суточного графика нагрузки необходимо выполнять итерационным методом, определяя K_2 по формулам (2—4), (5—7), (10—12) и равенства (18). Такой расчет следует выполнять на ЭВМ в соответствии с блок-схемами обязательного приложения 7.

2.5.4. Предварительное приближенное (без выполнения расчетов) определение допустимых K_2 двухступенчатого суточного графика нагрузки с учетом ограничений по п. 2.1.3, но без определения относительного износа витковой изоляции, допускается проводить по графикам приложения 5. По найденным из графиков значениям превышений температуры $\vartheta_{\text{м.л.}}$, $\vartheta_{\text{шт.м.л.}}$ и принятому или рассчитанному в соответствии с приложением 2 значению $\Theta_{\text{охл}}$ следует определять:

$$\Theta_{\text{м.л.}} = \vartheta_{\text{м.л.}} + \Theta_{\text{охл.}}; \quad (19)$$

$$\Theta_{\text{шт.л.}} = \vartheta_{\text{шт.м.л.}} + \vartheta_{\text{шт.м.л.}} + \Theta_{\text{охл.}}; \quad (20)$$

а затем проверить соблюдение условий $\Theta_{\text{м.л.}} \leq \Theta_{\text{м.мах}}$ и $\Theta_{\text{шт.л.}} \leq \Theta_{\text{шт.мах}}$.

3. НОРМЫ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫХ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ТРАНСФОРМАТОРОВ

3.1. В табл. 1—7 приведены значения K_2 и h для суточного двухступенчатого графика нагрузки трансформаторов при различных значениях K_1 и $\Theta_{\text{охл.}}$, рассчитанные в соответствии с обязательным приложением 7.

Таблица 1

$\Theta_{\text{охл.}} = -20^\circ\text{C}$

h, ч	М и Д								ДЦ							
	K_2 при значениях $K_1 = 0,25-1,0$								K_2 при значениях $K_1 = 0,25-1,0$							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	1,85	1,82	1,78	1,74
1,0	+	+	+	+	+	+	+	+	1,79	1,77	1,76	1,74	1,72	1,69	1,66	1,63
2,0	+	+	1,99	1,96	1,93	1,89	1,85	1,79	1,61	1,61	1,60	1,59	1,57	1,56	1,54	1,52
4,0	1,70	1,69	1,67	1,66	1,64	1,62	1,60	1,57	1,47	1,46	1,46	1,45	1,45	1,44	1,43	1,42
6,0	1,56	1,55	1,54	1,54	1,53	1,51	1,50	1,48	1,40	1,40	1,40	1,39	1,39	1,39	1,38	1,37
8,0	1,48	1,48	1,47	1,47	1,46	1,45	1,45	1,43	1,37	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,35	1,35
12,0	1,41	1,40	1,40	1,40	1,40	1,39	1,39	1,38	1,33	1,33	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
24,0	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26

[illegible]

Таблица 5

 $\theta_{\text{окл}} = 20^\circ\text{C}$

h, ч	М и Д								ДЦ и Ц							
	K_2 при значениях $K_1=0,25-1,0$								K_2 при значениях $K_1=0,25-1,0$							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	+	+	+	+	+	1,98	1,81	1,00	1,63	1,60	1,58	1,55	1,52	1,47	1,41	1,00
1,0	+	1,97	1,92	1,87	1,80	1,71	1,57	1,00	1,49	1,47	1,45	1,43	1,40	1,37	1,31	1,00
2,0	1,66	1,63	1,60	1,56	1,51	1,45	1,35	1,00	1,34	1,33	1,32	1,30	1,28	1,26	1,22	1,00
4,0	1,37	1,35	1,34	1,32	1,29	1,25	1,19	1,00	1,21	1,20	1,19	1,19	1,18	1,16	1,13	1,00
6,0	1,25	1,24	1,23	1,21	1,20	1,17	1,13	1,00	1,15	1,14	1,14	1,13	1,13	1,12	1,10	1,00
8,0	1,18	1,17	1,17	1,16	1,15	1,13	1,09	1,00	1,11	1,11	1,10	1,10	1,10	1,09	1,07	1,00
12,0	1,11	1,10	1,10	1,09	1,09	1,08	1,06	1,00	1,07	1,07	1,07	1,06	1,06	1,05	1,04	1,00
24,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица 6

 $\theta_{\text{окл}} = 30^\circ\text{C}$

h, ч	М и Д								ДЦ и Ц							
	K_2 при значениях $K_1=0,25-1,0$								K_2 при значениях $K_1=0,25-1,0$							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	+	+	+	+	1,92	1,76	1,27	—	1,54	1,51	1,49	1,46	1,42	1,36	1,21	—
1,0	1,89	1,84	1,79	1,73	1,64	1,51	1,12	—	1,41	1,39	1,37	1,34	1,31	1,26	1,12	—
2,0	1,55	1,52	1,48	1,44	1,38	1,29	1,02	—	1,26	1,25	1,24	1,22	1,20	1,16	1,05	—
4,0	1,28	1,26	1,24	1,21	1,18	1,12	0,97	—	1,13	1,13	1,12	1,11	1,10	1,07	0,99	—
6,0	1,16	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	0,95	—	1,07	1,07	1,06	1,06	1,05	1,03	0,97	—
8,0	1,09	1,08	1,08	1,06	1,05	1,02	0,94	—	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,00	0,96	—
12,0	1,02	1,02	1,01	1,00	0,99	0,97	0,92	—	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,94	—
24,0	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	—	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	—

Таблица 7

 $\theta_{\text{окл}} = 40^\circ\text{C}$

h, ч	М и Д								ДЦ и Ц							
	K_2 при значениях $K_1=0,25-1,0$								K_2 при значениях $K_1=0,25-1,0$							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	+	+	1,94	1,84	1,69	1,26	—	—	1,45	1,42	1,39	1,36	1,31	1,19	—	—
1,0	1,75	1,70	1,64	1,56	1,44	1,08	—	—	1,32	1,30	1,28	1,25	1,20	1,10	—	—
2,0	1,43	1,39	1,35	1,30	1,21	0,96	—	—	1,18	1,17	1,15	1,13	1,10	1,01	—	—
4,0	1,17	1,15	1,13	1,09	1,04	0,89	—	—	1,05	1,04	1,04	1,02	1,00	0,94	—	—
6,0	1,06	1,05	1,03	1,01	0,97	0,86	—	—	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,91	—	—
8,0	1,00	0,99	0,98	0,96	0,93	0,85	—	—	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,89	—	—
12,0	0,93	0,92	0,91	0,90	0,88	0,84	—	—	0,91	0,91	0,91	0,90	0,89	0,87	—	—
24,0	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	—	—	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	—	—

3.2. Нормы рассчитаны в соответствии с разд. 2 по следующим значениям параметров номинального режима трансформаторов:

$\theta_{\text{м.ном}} = 60^\circ\text{C}$; $\tau = 3$ ч; $x = 0,9$ и $y = 1,6$ — для трансформаторов с видами охлаждения М и Д; допускать использование настоящих норм и для трансформаторов, у которых $\theta_{\text{м.ном}} = 55^\circ\text{C}$:

$\theta_{\text{н.ном}}=40^{\circ}\text{C}$; $\tau=2$ ч; $x=1,0$ и $y=1,8$ — для трансформаторов с видами охлаждения ДЦ и Ц;

$$d = P_{\text{K. non}} / P_{\text{O. non}}^{\text{system}} = 5.$$

3.3. Обозначение (+) указывает на то, что для данного режима нагрузки расчетное значение $K_2 > 2,0$, но допускается его любое значение в интервале $1,5 < K_2 \leq 2,0$ по согласованию с изготовителем трансформатора. Подчеркнутые значения K_2 также допускаются при этом же условии.

3.4. Для промежуточных значений K_1 и $\Theta_{\text{окл}}$, т. е. в интервале между указанными их значениями в таблицах, K_2 следует определять линейной интерполяцией за исключением случаев, когда $h > (24 - 4\tau)$.

4. НОРМЫ ДОПУСТИМЫХ АВАРИЙНЫХ ПЕРЕГРУЗОК ТРАНСФОРМАТОРОВ

4.1. В табл. 8—14 приведены значения допустимых аварийных перегрузок K_2 в зависимости от значения начальных нагрузок K_1 при различных значениях температуры охлаждающей среды $\theta_{\text{охл}}$ для трансформаторов классов напряжения до 110 кВ включительно.

Таблица 8

$$\theta_{oxy} = -20^{\circ}\text{C}$$
[illegible]

Таблица 9

$$\theta_{\text{ext}} = -10^{\circ}\text{C}$$
[illegible]

Таблица 10

$$1_{\text{out}} = 0 \in \mathbb{C}$$
[illegible]

4.2. Значения суточного относительного износа F витковой изоляции для суточного двухступенчатого графика нагрузки даны в справочном приложении 8.

4.3. Нормы рассчитаны в соответствии с разд. 2, по предельным значениям параметров номинального режима трансформаторов, указанным в п. 3.2.

4.4. **Пример.** Определить допустимую длительность аварийной перегрузки $K_2=1,8$ при начальной нагрузке $K_1=0,9$ при температуре охлаждающей среды $\theta_{охл} = 0^\circ\text{C}$ для трансформатора ТМН-6300/110.

По табл. 10 (при $\theta_{охл}=0^\circ\text{C}$) находим для $K_1=0,9$ графу, где $K_2=1,8$. Допустимое время такой перегрузки равно 2,0 ч.

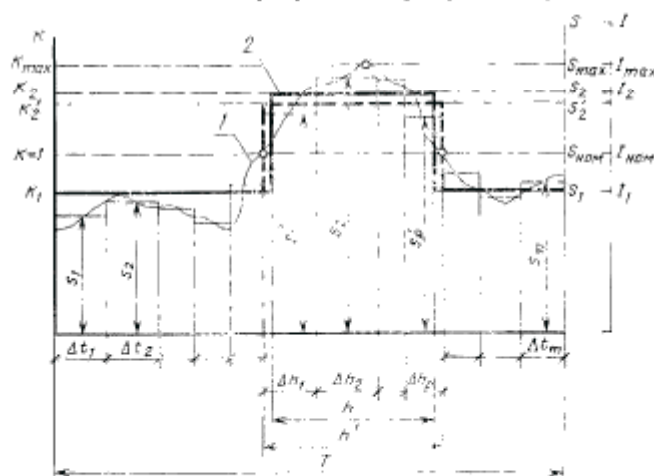
4.5. Для трансформаторов классов напряжения свыше 110 кВ необходимо применять нормы для температуры охлаждающей среды, увеличенной на 20°C .

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЗАДАННОГО ИЛИ РЕАЛЬНОГО ИСХОДНОГО ГРАФИКА НАГРУЗКИ
ТРАНСФОРМАТОРА В ЭКВИВАЛЕНТНЫЙ ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ

1. Заданный или реальный исходный график нагрузки в виде зависимости изменения мощности S , передаваемой трансформатором во времени, должен быть преобразован в эквивалентный (в тепловом отношении) прямоугольный график нагрузки продолжительностью T .

Допускается в качестве исходного графика нагрузки использовать график изменения тока нагрузки I во времени.

2. Преобразование исходного графика нагрузки в эквивалентный прямоугольный в соответствии с черт. 1 необходимо выполнять в следующей последовательности.

Преобразование исходного графика нагрузки трансформатора
в эквивалентный двухступенчатый прямоугольный график

1—исходный график нагрузки; 2—двухступенчатый прямоугольный график нагрузки

Черт. 1

2.1. На исходном графике провести линию номинальной нагрузки $S_{ном}$ или номинального тока $I_{ном}$.

2.2. Пересечением линии номинальной нагрузки с исходным графиком на продолжительности T графика выделить участок наибольшей перегрузки продолжительностью h' .

2.3. Оставшуюся часть исходного графика нагрузки разбить на m интервалов Δt_i , исходя из возможности провести линию средней нагрузки в каждом интервале, а затем определить значения s_1, s_2, \dots, s_m .

2.4. Начальную нагрузку K_1 эквивалентного графика следует рассчитывать по формуле

$$K_1 = \frac{1}{S_{ном}} \sqrt{\frac{s_1^2 \Delta t_1 + s_2^2 \Delta t_2 + \dots + s_m^2 \Delta t_m}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_m}}. \quad (1)$$

2.5. Участок перегрузки h' на исходном графике разбить на p интервалов Δh_i , исходя из возможности провести линию средней нагрузки в каждом интервале, а затем определить значения s'_1, s'_2, \dots, s'_p .

2.6. K'_2 эквивалентного графика предварительно рассчитывать по формуле

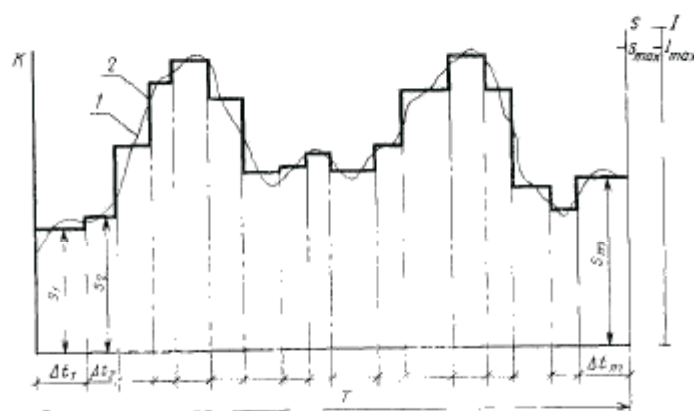
$$K'_2 = \frac{1}{S_{ном}} \sqrt{\frac{(s'_1)^2 \Delta h_1 + (s'_2)^2 \Delta h_2 + \dots + (s'_p)^2 \Delta h_p}{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \dots + \Delta h_p}}. \quad (2)$$

Затем следует сравнить полученное значение K'_2 с K_{max} исходного графика нагрузки; если $K'_2 \geq 0,9 K_{max}$, то следует принимать $K_2 = K'_2$; если $K_2 < 0,9 K_{max}$, то следует принимать $K_2 = 0,9 K_{max}$, а продолжительность перегрузки h в этом случае следует скорректировать по формуле

$$h = \frac{(K'_2)^2 \cdot h'}{(0,9 K_{max})^2}. \quad (3)$$

3. Если характер исходного графика нагрузки не позволяет выполнить преобразования его в двухступенчатый (например, при примерном равенстве нескольких максимумов перегрузок) или при необходимости повышенной точности определения допустимого режима перегрузки расчетом по разд. 2, то такой исходный график необходимо представить прямоугольной ломаной линией, усредняющей нагрузку по всем интервалам Δt_i продолжительности T графика нагрузки, как показано на примере черт. 2.

Преобразование исходного графика в эквивалентный многоступенчатый прямоугольный при наличии нескольких максимумов перегрузок



1—исходный график нагрузки, 2—эквивалентный прямоугольный график нагрузки

Черт. 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Обязательное

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. Эквивалентная температура охлаждающей среды — это такая условно постоянная за принятое время температура, при которой износ витковой изоляции обмотки равен износу ее за такое же время, но при изменяющейся температуре охлаждающей среды.

2. Эквивалентную температуру за любой промежуток времени (сутки, месяц, сезон, год) следует определять по формуле

$$\theta_{\text{охл}} = 20 \cdot \lg \left[\frac{1}{n} (2^{\theta_{\text{охл.1}}/6} + 2^{\theta_{\text{охл.2}}/6} + \dots + 2^{\theta_{\text{охл.n}}/6}) \right],$$

где $n \geq 12$ — количество равных интервалов промежутка времени;

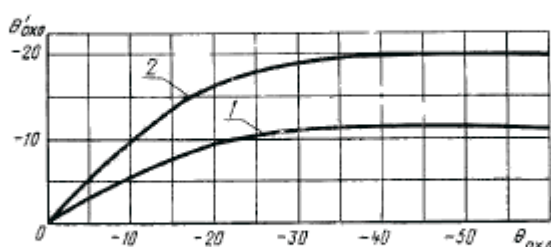
например: для суток — часы, для месяцев — сутки, для сезона — недели, для года — месяцы;

$\theta_{\text{охл.1}}, \theta_{\text{охл.2}}, \dots, \theta_{\text{охл.n}}$ — температура охлаждающей среды по каждому интервалу, °C.

3. Температуру охлаждающей среды по каждому интервалу следует принимать средней, если известно, что ее изменение за интервал не превышает 12°C, или эквивалентной, рассчитываемой по вышеприведенной формуле с разделением интервала на еще меньшие равные части, если изменение температуры за интервал превышает 12°C.

4. При отрицательных значениях средней температуры охлаждающего воздуха за интервал следует принимать скорректированное значение $\theta_{\text{охл.1}}$ в соответствии с чертежом.

График корректировки средних значений отрицательных температур охлаждающего воздуха



1—для трансформаторов с видами охлаждения М и Д; 2—для трансформаторов с видом охлаждения ДЦ

5. Среднее значение $\theta_{окл,с}$ следует определять измерениями или принимать данные местной метеослужбы, или данные СНиП ч. II, раздел А гл. 6 «Строительная климатология и геофизика» Госстроя СССР.

6. Допускается принимать значения годовой и сезонных эквивалентной температуры охлаждающего воздуха по населенным пунктам СССР, приведенные в таблице.

Населенный пункт	Эквивалентная температура, °C			Населенный пункт	Эквивалентная температура, °C		
	годовая	зимняя*	летняя**		годовая	зимняя*	летняя**
Абакан	8,7	—19,3	17,6	Жданов	13,6	—4,1	21,5
Алдан	4,8	—20,1	14,6	Житомир	10,8	—4,6	18,0
Алма-Ата	14,3	—5,9	22,2	Запорожье	13,8	—4,0	21,6
Андижан	18,6	—0,3	26,3	Зея	7,4	—20,1	16,7
Актюбинск	12,1	—14,1	20,9	Зыряновск	8,4	—20,1	17,6
Архангельск	5,8	—11,4	14,0	Иваново	8,1	—10,8	16,1
Астрахань	15,7	—5,3	24,1	Ивано-Франковск	10,9	—3,7	17,7
Ачинск	7,5	—16,7	16,3	Игарка	2,1	—20,1	12,0
Ашхабад	21,6	—4,2	15,3	Ижевск	10,1	—13,4	17,4
Баку	17,8	4,9	24,8	Иркутск	7,1	—19,1	16,0
Барнаул	9,4	—16,4	18,2	Ишкәр-Ола	8,6	—12,5	16,9
Батуми	16,1	7,5	21,6	Казань	9,4	—12,5	17,8
Белгород	11,5	—6,7	19,3	Калининград	9,8	—2,4	16,5
Белорецк	6,9	—15,1	15,2	Калинин	8,1	—9,1	15,9
Березники	7,5	—14,3	16,0	Калуга	8,8	—8,9	16,5
Бийск	8,6	—16,9	17,4	Кадылакса	4,5	—10,6	12,5
Биробиджан	10,0	—19,0	18,9	Караганда	10,1	—14,3	18,9
Благовещенск	10,4	—19,6	19,7	Кемерово	7,8	—17,7	16,7
Благовещенское	9,2	—16,8	17,9	Керчь	15,1	0,4	22,6
Братск	7,1	—20,1	16,3	Кзыл-Орда	16,3	—7,7	24,7
Брест	11,0	—3,4	17,9	Киев	11,2	—4,8	18,9
Брянск	9,7	—7,6	17,4	Кировобад	17,1	2,5	24,4
Бухара	18,7	1,3	26,3	Киров	7,9	—13,1	16,4
Верхоянск	2,9	—20,1	13,2	Кировоград	12,0	—4,6	19,4
Вильнюс	9,9	—4,4	17,0	Кировск	2,9	—11,3	10,9
Винница	10,7	—4,9	17,8	Кишинев	13,4	—2,2	20,6
Витебск	9,4	—6,7	16,9	Кокчетав	9,6	—15,1	18,3
Владивосток	10,0	—11,7	17,4	Комсомольск-на-Амуре	9,3	—20,1	18,3
Владимир	8,8	—10,2	16,8	Кострома	8,2	—10,7	14,3
Волгоград	14,5	—7,9	23,0	Краснодар	14,9	—0,7	22,3
Вологда	7,4	—10,8	15,5	Красноярск	8,0	—15,9	16,7
Воркута	0,5	—19,4	9,4	Кременчуг	12,3	—4,5	20,5
Воронеж	11,0	—8,4	19,0	Кривой Рог	13,3	—4,1	20,9
Ворошиловград	13,3	—5,9	21,2	Куйбышев	11,1	—12,5	19,6
Гомель	10,4	—5,8	17,7	Курган	8,8	—16,9	17,4
Горький	8,9	—10,9	17,1	Курган-Тюбе	19,9	3,7	27,3
Гродно	10,1	—4,1	17,1	Курск	10,6	—7,7	18,4
Грозный	15,0	—2,3	22,8	Кузнецк	16,8	6,2	22,8
Гурьев	15,5	—8,3	24,3	Ленинград	8,6	—6,8	16,4
Джазбул	14,2	—4,6	22,1	Липецк	10,9	—8,9	19,0
Днепропетровск	13,6	—4,4	21,3	Лух	10,9	—3,6	17,8
Донецк	12,6	—5,6	20,4	Львов	9,9	—3,9	16,5
Дудинка	0,2	—15,5	9,9	Магадан	2,5	—19,4	11,1
Душанбе	18,2	3,0	25,7	Магнитогорск	8,6	—15,5	17,1
Евпатория	14,8	0,8	22,1	Махачкала	16,0	0,8	23,7
Ереван	16,4	—1,9	23,9				

Продолжение

Населенный пункт	Эквивалентная температура, °C			Населенный пункт	Эквивалентная температура, °C		
	годовая	зимняя*	летняя**		годовая	зимняя*	летняя**
Минск	9,5	— 5,9	16,8	Советская Гавань	6,5	—15,4	14,0
Минусинск	8,8	—19,3	17,7	Сочи	15,7	— 5,9	21,9
Мирный	4,6	—20,1	16,8	Ставрополь	13,5	— 2,5	20,9
Могилев	9,7	— 6,5	15,1	Сумгаит	17,0	— 4,2	23,9
Мончегорск	3,8	—11,8	11,8	Сумы	10,9	— 6,9	18,5
Москва	10,1	— 8,2	18,00	Сургут	5,6	—19,9	14,9
Мурманск	3,4	— 9,5	10,7	Сухуми	16,1	— 6,5	21,9
Нальчик	13,3	— 3,5	20,9	Сыктывкар	6,5	—14,1	15,0
Нарын	8,8	—14,6	16,2	Таганрог	14,4	— 4,1	22,4
Нарьян-Мар	2,0	—15,7	10,3	Тайшет	7,3	—18,5	16,4
Нахичевань	18,1	— 1,5	25,8	Тадлы-Курган	13,5	—15,1	21,7
Невинномысск	13,7	— 3,4	21,2	Тамбов	10,9	— 9,5	19,0
Нижний Тагил	6,5	—14,7	14,8	Таллин	8,2	— 4,2	15,3
Николаев	14,2	— 2,5	21,8	Ташкент	17,9	— 0,9	25,7
Николаевск-на-Амуре	6,3	—20,0	15,1	Тбилиси	16,4	— 2,2	23,5
Новгород	8,3	— 7,6	16,0	Темир	13,3	—13,4	22,3
Новокузнецк	8,3	—16,3	17,0	Тернополь	10,6	— 4,2	17,6
Новороссийск	15,8	— 3,5	22,7	Тобольск	7,8	—17,0	16,6
Новосибирск	8,3	—17,7	17,2	Тольятти	11,4	—11,4	19,8
Норильск	0,7	—20,1	10,5	Томск	7,5	—17,8	16,4
Одесса	13,8	— 1,8	21,3	Туапсе	16,0	— 5,2	22,4
Омск	8,4	—17,8	17,1	Тула	9,4	— 8,9	17,3
Орджоникидзе	11,8	— 3,7	18,9	Тюмень	8,6	—15,3	16,2
Орел	9,9	— 8,4	17,8	Ужгород	12,9	— 1,1	19,6
Оренбург	12,0	—13,4	20,7	Улан-Уде	8,3	—20,1	17,6
Оймякон	2,2	—20,1	12,4	Ульяновск	10,0	—12,4	18,4
Ош	15,9	— 1,6	23,5	Уральск	12,5	—12,8	21,3
Павлодар	10,9	—16,7	19,8	Уссурийск	10,7	—17,1	19,0
Пенза	10,4	—11,0	18,6	Усть-Каменогорск	11,2	—15,00	19,9
Пермь	8,2	—14,3	16,7	Уфа	9,9	—13,1	18,3
Петрозаводск	7,1	— 8,8	15,1	Фергана	18,0	— 0,6	25,6
Петропавловск	8,8	—17,3	17,5	Фрунзе	15,0	— 3,8	22,8
Петропавловск-				Хабаровск	10,8	—18,6	19,7
Камчатский	5,2	— 7,6	11,9	Ханты-Мансийск	6,7	—18,5	15,8
Полтава	12,0	— 5,9	19,7	Харьков	12,1	— 6,3	19,8
Пржевальск	9,2	— 5,9	16,0	Херсон	14,2	— 2,1	21,8
Псков	8,8	— 6,5	16,3	Хмельницкий	10,7	— 4,4	17,8
Пятигорск	13,1	— 3,0	20,7	Целиноград	9,9	—16,3	18,8
Рига	8,9	— 4,8	15,8	Чебоксары	9,1	—11,9	17,4
Ровно	10,7	— 4,1	17,7	Челябинск	9,2	—14,3	17,8
Ростов-на-Дону	14,0	— 4,6	21,9	Череповец	7,7	—10,2	15,8
Рубцовск	10,1	—16,5	19,0	Черкессы	11,7	— 4,9	19,2
Рязань	9,6	— 9,9	17,7	Чернягов	11,1	— 5,7	18,5
Самарканд	17,0	— 1,5	24,4	Черновцы	11,6	— 3,6	18,6
Саранск	10,0	—10,9	18,3	Чимкент	17,0	— 1,2	25,1
Саратов	12,5	—10,6	21,0	Чита	7,5	—20,1	16,8
Свердловск	7,8	—14,9	17,6	Элиста	14,7	— 5,4	22,9
Семипалатинск	12,0	—15,0	20,9	Южно-Сахалинск	7,5	—11,6	15,0
Симферополь	13,7	— 0,0	20,8	Якутск	6,4	—20,1	16,6
Смоленск	9,0	— 7,6	16,5	Ярославль	7,9	—10,6	15,8

* Декабрь, январь, февраль.

** Июнь, июль, август.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Справочное

Таблица 1

Допустимые аварийные перегрузки трансформаторов* без учета начальной (предшествующей) нагрузки

Продолжительность перегрузки в течение суток, ч	Перегрузки, в долях номинального тока, в зависимости от температуры охлаждающего воздуха во время перегрузки													
	—20°C и ниже		—10°C		0°C		10°C		20°C		30°C		40°C	
	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ
0,5	2,0	1,9	2,0	1,8	2,0	1,7	2,0	1,6	2,0	1,5	1,9	1,5	1,7	1,4
1,0	2,0	1,8	2,0	1,7	2,0	1,6	1,9	1,6	1,8	1,5	1,7	1,4	1,4	1,3
2,0	2,0	1,7	1,9	1,6	1,8	1,5	1,7	1,5	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3
4,0	1,8	1,6	1,7	1,5	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
6,0	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3	1,1	1,2
8,0	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3	1,1	1,2
12,0	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3	1,1	1,2
24,0	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3	1,1	1,2

* Классов напряжения до 110 кВ включительно.

Таблица 2

Допустимые аварийные перегрузки трансформаторов* при выборе их номинальной мощности для промышленных подстанций при предшествующей нагрузке, не превышающей 0,8

Продолжительность перегрузки в течение суток, ч	Перегрузки, в долях номинального тока, в зависимости от эквивалентной температуры охлаждающего воздуха*													
	—20°C		—10°C		0°C		10°C		20°C		30°C		40°C	
	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ	М, Д	ДЦ
0,5	2,0	1,9	2,0	1,8	2,0	1,8	2,0	1,7	2,0	1,6	2,0	1,5	2,0	1,5
1,0	2,0	1,8	2,0	1,7	2,0	1,7	2,0	1,6	2,0	1,5	1,9	1,5	1,7	1,4
2,0	2,0	1,7	2,0	1,6	1,9	1,6	1,8	1,5	1,7	1,4	1,6	1,4	1,4	1,3
4,0	1,8	1,6	1,7	1,5	1,7	1,5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,3
6,0	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
8,0	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3	1,1	1,2
12,0	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3	1,1	1,2
24,0	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,4	1,2	1,3	1,1	1,2

* Определяется по обязательному приложению 2.

ТЕПЛОВАЯ ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

При определении допустимых нагрузок и перегрузок расчетным методом по разд. 2 следует принимать значения тепловых постоянных времени, которые в соответствии с ГОСТ 11677—75 должны содержаться в паспорте трансформатора. При отсутствии таких данных в паспортах трансформаторов, выпущенных после 1975 г., следует принимать значения тепловых постоянных времени, принятые в разд. 3.

Для трансформаторов, выпущенных до 1975 г., рекомендуется принимать значения тепловых постоянных времени трансформатора, приведенные в таблице.

Вид охлаждения	Мощность трансформатора, кВ · А	Высшее напряжение, кВ	Значение тепловой постоянной времени
М, Д	До 6300 включ.	До 10 включ.	2,5
	От 1000 до 40000 включ.	35	3,0
	Свыше 40000	35	2,0
	От 2500 до 25000 включ.	110	3,0
	Свыше 25000	110	2,0
ДЦ, Ц	До 100000 включ.	Свыше 110	1,5

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕВЫШЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

1. Графики черт. 1—4 дают возможность, не прибегая к вычислениям, определить превышения температуры θ_m и $\theta_{\text{нт,м}}$ по задаваемым значениям исходных данных, но с меньшей точностью по сравнению с расчетом.

2. Если температура наиболее нагретой точки обмотки $\theta_{\text{нт}}$ или температура масла θ_m в верхних слоях, определяемые для предполагаемых аварийных перегрузок по уравнению

$$\theta_{\text{нт}} = \theta_{\text{ол}} + \theta_m + \theta_{\text{нт,м}} - \theta_m + \theta_{\text{нт,м}}$$

будут превышать предельно допустимые значения $\theta_{\text{нт,мах}} = 160^\circ\text{C}$ и $\theta_{\text{м,мах}} = 115^\circ\text{C}$ не больше, чем на 5°C , то необходимо полученные с помощью графиков результаты проверить расчетом в соответствии с разд. 2

3. Пример использования графиков.

3.1. Определить температуру наиболее нагретой точки обмотки $\theta_{\text{нт}}$ трансформатора ТМН 6300/110, работающего по преобразованному в двухступенчатый суточный графику нагрузки:

начальная нагрузка $K_1 = 0,57$;

перегрузка $K_2 = 1,42$ в течение $t = 2$ ч;

температура охлаждающего воздуха принимается среднесуточной, $\theta_{\text{ол}} = 16^\circ\text{C}$ (изменение за сутки не более 12°C).

3.2. Исходные данные трансформатора в номинальном режиме:

потери короткого замыкания $P_{\text{к,ном}} = 48,0$ кВт;

потери холостого хода $P_{\text{х,ном}} = 9,6$ кВт;

отношение потерь $d = P_{\text{х,ном}}/P_{\text{к,ном}} = 48,0/9,6 = 5,0$;

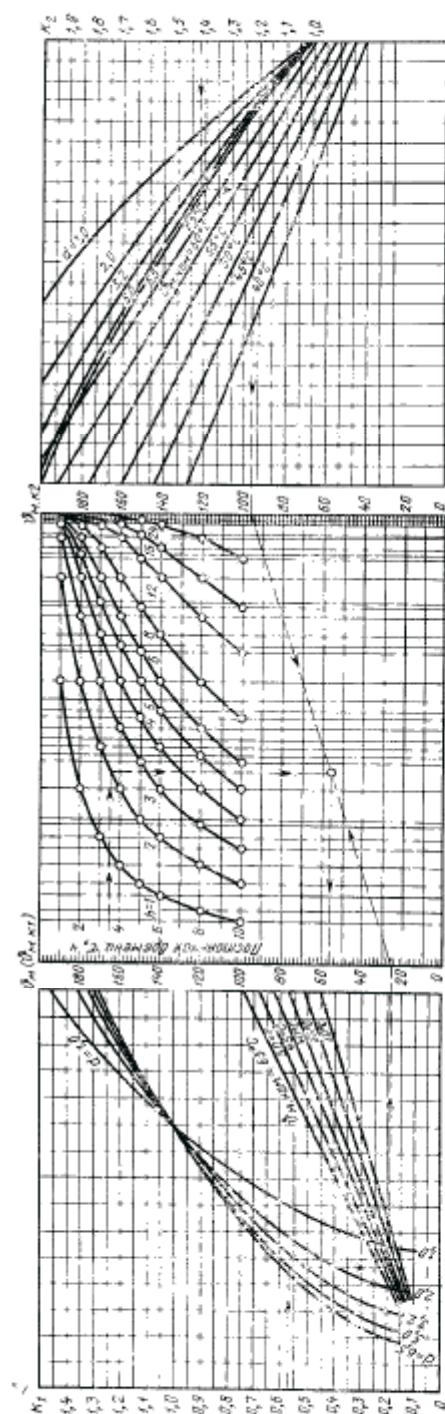
превышение температуры масла в верхних слоях над температурой охлаждающего воздуха $\theta_{\text{м,ном}} = 55^\circ\text{C}$;

превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки над температурой масла в верхних слоях $\theta_{\text{нт,м,ном}} = 23,0^\circ\text{C}$;

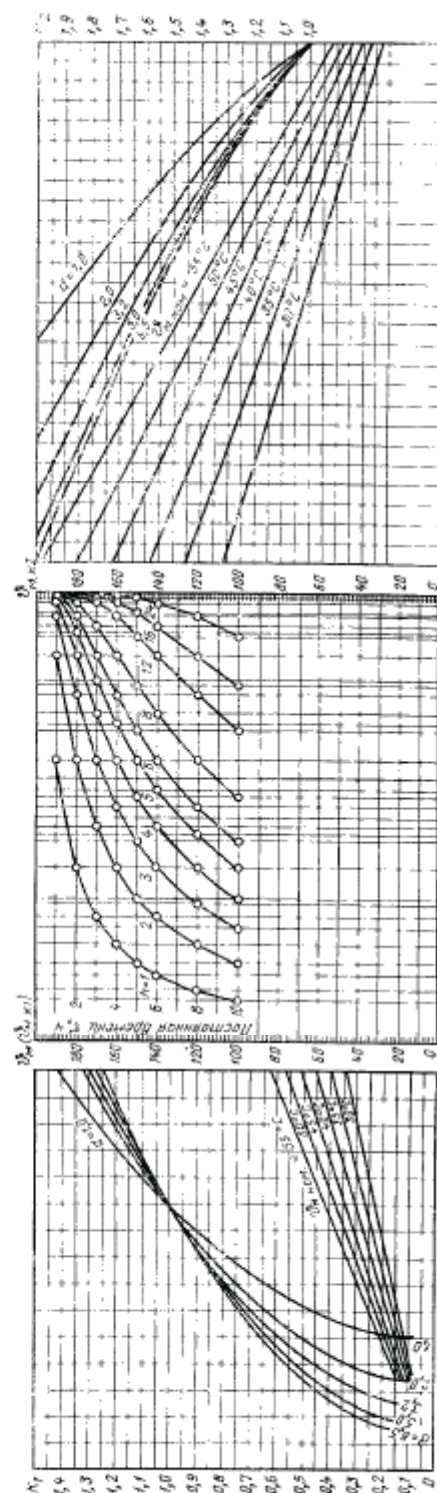
тепловая постоянная времени трансформатора $\tau = 3,5$ ч.

3.3. Превышение температуры масла θ_m определяется по трем графикам, как показано на черт. 1. Из точки $K_1 = 0,57$ вертикальной шкалы левого графика нужно провести горизонтальную линию до пересечения с линией $d = 5,0$. Затем следует опустить вертикаль до пересечения с линией $\theta_{\text{м,ном}} = 55^\circ\text{C}$ и снова провести горизонтальную линию до левой шкалы среднего графика. То же надо проделать и на правом графике, но начиная с проведения горизонтали на правой шкале: от значения $K_2 = 1,42$ до линии $d = 5,0$ и затем через $\theta_{\text{м,ном}} = 55^\circ\text{C}$ до правой шкалы среднего графика.

Полученные таким образом точки правой и левой шкал среднего графика соединяются между собой прямой линией. Из точки $t = 3,5$ ч на шкале значений постоянных времени среднего графика следует провести горизонтальную линию до пересечения с кривой линией продолжительности перегрузки $t = 2$ ч; из точки их пересечения надо опустить вертикаль до пересечения ее с линией, ранее соединившей точки правой и левой шкал среднего графика. Горизонтальная прямая, проведенная с этой точки к левой шкале среднего графика, пересекает ее в искомой точке $\theta_m = 56,0^\circ\text{C}$.

Графики для определения $\Phi_{\text{н}}$ при перегрузках трансформаторов с видами охлаждения М и Д

Черт. 1

Графики для определения $\Phi_{\text{н}}$ при перегрузках трансформаторов с видами охлаждения ДЦ и Ц

Черт. 2

3.4. Максимальная температура масла в верхних слоях

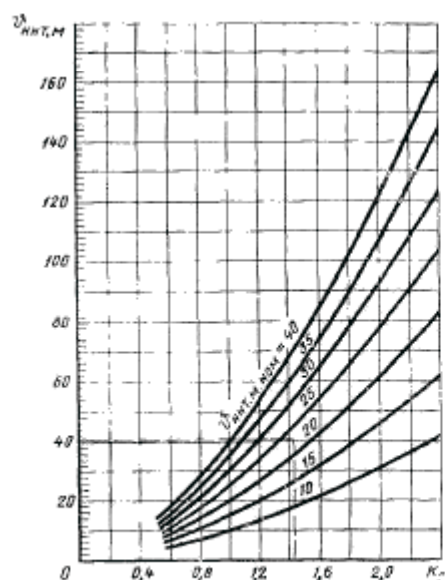
$$\theta_m = \theta_{\text{охл}} + \theta_m = 16,0 + 56,0 = 72,0^\circ\text{C}.$$

3.5. Превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки $\theta_{\text{нт.м}}$ над температурой масла в верхних слоях определяется по графику черт. 3. Из точки $K_2=1,4$ горизонтальной оси проводится вертикально вверх прямая линия до пересечения с кривой, соответствующей $\theta_{\text{нт.м.ном}}=23,0^\circ\text{C}$ (находится линейной интерполяцией между линиями 20 и 25 $^\circ\text{C}$); затем горизонталь, проведенная из точки пересечения, пересекает вертикальную ось графика в искомой точке $\theta_{\text{нт.м}}=40,2^\circ\text{C}$.

3.6. Температура наиболее нагретой точки обмотки

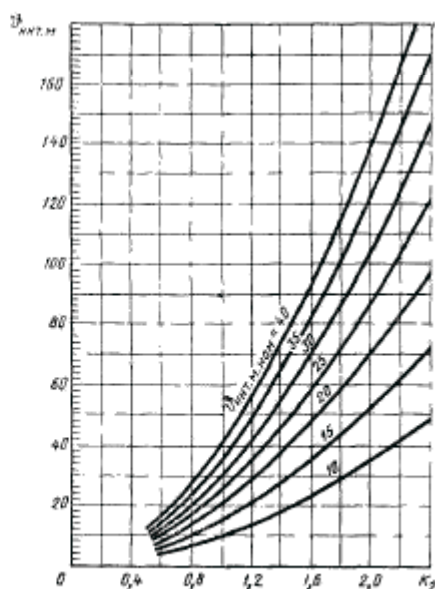
$$\theta_{\text{нт}} = \theta_{\text{охл}} + \theta_m + \theta_{\text{нт.м}} = 16,0 + 56,0 + 40,2 = 112,2^\circ\text{C}$$

График для определения $\theta_{\text{нт.м}}$ при перегрузках трансформаторов с видами охлаждения М и Д



Черт. 3

График определения $\theta_{\text{нт.м}}$ при перегрузках трансформаторов с видами охлаждения ДЦ и Ц



Черт. 4

**ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ НАИБОЛЕЕ НАГРЕТОЙ ТОЧКИ ОБМОТКИ
И ОТНОСИТЕЛЬНОГО ИЗНОСА ВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ (БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЭВМ)**

1. Расчеты $\theta_{\text{ннт}}$ и F производятся для суточного двухступенчатого прямоугольного графика нагрузки трансформатора ТМН-6300/110 по значениям параметров, приведенным в примере приложения 3.

1.1. Расчет максимального значения $\theta_{\text{ннт}}$ выполняется по формулам (5—7), (3), (4) и (12) п. 2.3 в случаях, если $4\tau > h \geq 0,5$ ч:

$$\theta_{\text{ннт}} = \theta_{\text{окл}} + \theta_{\text{м.л}} + \theta_{\text{ннт м.р.2}} = 16,0 + 56,34 + 40,31 = 112,65^\circ\text{C},$$

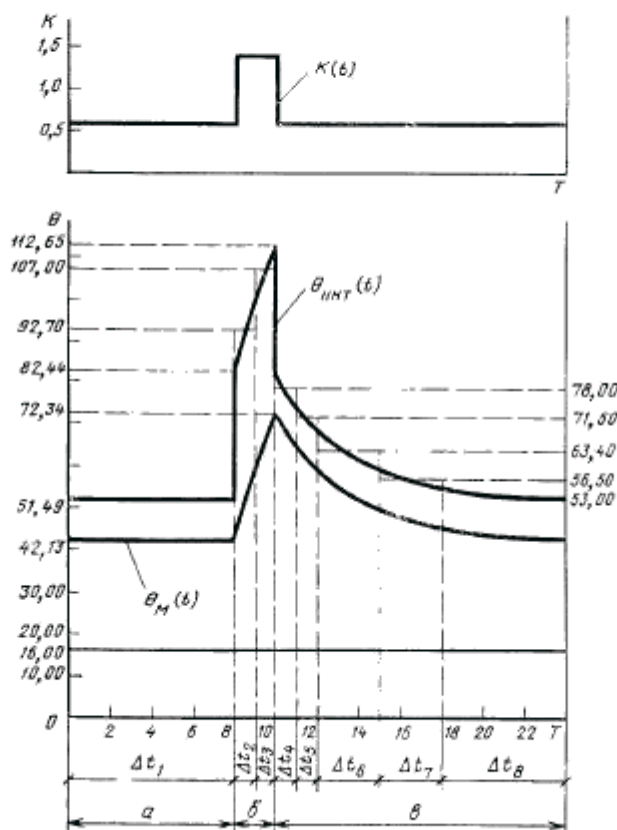
где

$$\begin{aligned} \theta_{\text{м.л}} = & \left(\frac{1+dK_1^2}{1+d} \right)^x + \left[\theta_{\text{н.ном}} \left(\frac{1+dK_2^2}{1+d} \right)^x - \theta_{\text{н.ном}} \left(\frac{1+dK_1^2}{1+d} \right)^x \right] \times (1 - e^{-h\tau}) - 55 \left(\frac{1+5 \cdot 0,57^2}{1+5} \right)^{0,9} + \\ & + \left[55 \left(\frac{1+5 \cdot 1,42^2}{1+5} \right)^{0,9} - 55 \left(\frac{1+5 \cdot 0,57^2}{1+5} \right)^{0,9} \right] \times (1 - e^{-2 \cdot 3,5}) = 56,34^\circ\text{C}. \\ \theta_{\text{ннт м.р.2}} = & \theta_{\text{ннт н.ном}} \cdot K_2^y = 23 \cdot 1,42^{1,6} = 40,31^\circ\text{C}. \end{aligned}$$

Расчет подтверждает практически достаточную точность графического метода, приведенного в приложении 3.

1.2. Аналогично, но используя формулы (2—4) и (10—12), рассчитываются и остальные характерные точки, по которым строится график $\theta_{\text{ннт}}(t)$, приведенный на чертеже. График $\theta_{\text{ннт}}(t)$ содержит три участка: а — участок неизменной температуры, продолжительностью $24 - h - 4\tau = 24 - 2 - 4 \cdot 3,5 = 8$ ч; б — участок повышения температуры, продолжительностью $h = 2$ ч; в — участок снижения температуры, продолжительностью $4\tau = 4 \cdot 3,5 = 14$ ч.

График нагрузки и соответствующие ему графики измерения температуры



1.3. Относительный износ витковой изоляции F за суточный график нагрузки, согласно формуле (16), является суммой относительных износов F_i по каждому интервалу Δt_i , на которые разделяется график $\Theta_{\text{нит}}(t)$, в соответствии с указаниями п. 2.4.2.

Участок неизменной температуры принимается за один интервал Δt_i . Участок повышающейся температуры разделяется на два интервала Δt_2 и Δt_3 продолжительностью по 1 ч каждый. При этом выполняется условие $(\Delta t_2 + \Delta t_3) < 0,3\tau$. Участок понижающейся температуры разделяется на пять интервалов, из которых первые два Δt_4 и Δt_5 продолжительностью по 1 ч каждый; следующие два интервала Δt_6 и Δt_7 продолжительностью по 3 ч каждый ($3 < \tau$) и последний интервал Δt_8 — оставшиеся 6 ч.

1.3.1. В каждом интервале Δt_i проводится горизонтальная линия средней температуры $\Theta_{\text{нит},i}$, пересекающая интервал так, чтобы верхняя и нижняя площади, ограничиваемые линией средней температуры и вертикалями интервала, были бы примерно равными.

По найденным таким путем значениям $\Theta_{\text{нит},i}$ рассчитываются F_i :

$$F_1 = \frac{\Delta t_1}{24} 2^{(\Theta_{\text{нит},1} - 98)^6} = \frac{8}{24} 2^{(51,48 - 98)^6} = 0,00155;$$

$$F_2 = \frac{\Delta t_2}{24} 2^{(\Theta_{\text{нит},2} - 98)^6} = \frac{1}{24} 2^{(92,7 - 98)^6} = 0,0226;$$

$$F_3 = \frac{\Delta t_3}{24} 2^{(\Theta_{\text{нит},3} - 98)^6} = \frac{1}{24} 2^{(107,0 - 98)^6} = 0,118;$$

$$F_4 = \frac{\Delta t_4}{24} 2^{(\Theta_{\text{нит},4} - 98)^6} = \frac{1}{24} 2^{(78,0 - 98)^6} = 0,00413;$$

$$F_5 = \frac{\Delta t_5}{24} 2^{(\Theta_{\text{нит},5} - 98)^6} = \frac{1}{24} 2^{(71,5 - 98)^6} = 0,00195;$$

$$F_6 = \frac{\Delta t_6}{24} 2^{(\Theta_{\text{нит},6} - 98)^6} = \frac{3}{24} 2^{(63,4 - 98)^6} = 0,00230;$$

$$F_7 = \frac{\Delta t_7}{24} 2^{(\Theta_{\text{нит},7} - 98)^6} = \frac{3}{24} 2^{(56,5 - 98)^6} = 0,00104;$$

$$F_8 = \frac{\Delta t_8}{24} 2^{(\Theta_{\text{нит},8} - 98)^6} = \frac{6}{24} 2^{(53,6 - 98)^6} = 0,00138.$$

Относительный износ витковой изоляции за суточный график нагрузки:

$$F = \sum_{i=1}^{i=8} F_i = (0,00155 + 0,0226 + 0,118 + 0,00413 + 0,00195 + 0,00230 + 0,00104 + 0,00138) = 0,153$$

«нормальных суток» износа.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ИЗНОСА ВИТКОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ
ПРИ АВАРИЙНЫХ ПЕРЕГРУЗКАХ

В табл. 2—17 приведены значения относительного износа F витковой изоляции для суточного двухступенчатого графика нагрузки с различными значениями K_1 , h и K_2 при $\Theta_{\text{окл}} = -20^\circ\text{C}$, а также указаны границы предельно допустимых K_2 при различных значениях $\Theta_{\text{окл}}$ и K_1 .

Для определения относительного суточного износа F витковой изоляции при $\Theta_{\text{окл}} = -20^\circ\text{C}$ необходимо износ, найденный по таблицам, умножить на коэффициент f , значения которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

$\Theta_{\text{окл}}$	40	30	20	10	0	-10	-20
f	10,00	3,20	1,00	0,32	0,10	0,032	0,010

Нормы рассчитаны в соответствии с разд. 2 по предельным значениям параметров номинального режима трансформаторов, указанным в п. 3.2.

Пример. Определить относительный суточный износ F витковой изоляции при допустимой аварийной перегрузке K_2 продолжительностью $h=2$ ч для трансформатора ТМН-6300/110, работающего по суточному графику с начальной нагрузкой $K_1=0,7$ и при температуре охлаждающей среды $\Theta_{\text{окл}} = 10^\circ\text{C}$.

По табл. 4 находим для $K_1=0,7$ и $\Theta_{\text{окл}} = 10^\circ\text{C}$ допустимую перегрузку $K_2=1,8$. Относительный износ изоляции при этом будет $21,19 \cdot f = 21,19 \cdot 0,32 = 6,78$ «нормальных суток».

Для промежуточных значений K_1 , h , $\Theta_{\text{окл}}$ и f , т. е. в интервале между указанными их значениями в табл. 1—17, K_2 и относительный износ витковой изоляции следует определять линейной интерполяцией, за исключением случаев, когда $h > (24-4\tau)$ ч.

Для трансформаторов классов напряжения свыше 110 кВ необходимо применять нормы для температуры охлаждающей среды, увеличенной на 20°C против ее значения, определяемого в соответствии с п. 1.4.

Нормы рассчитаны по блок-схеме обязательного приложения 7, где индексами А, В, С, D, Е, О указаны границы допустимых перегрузок при значениях температуры охлаждающей среды 30° , 20° , 10° , 0°C , минус 10°C , минус 20°C , соответственно. Для приведения норм к виду табл. 2—17 границы допустимых перегрузок следует соединить линией и указать «допустимо до ...».

Таблица 2

М и Д

 $h=0,5$ ч

K_1	F при значениях $K_2=0,25-1,0$ и $\Theta_{\text{окл}} = 20^\circ\text{C}$								
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
1,0	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,08	0,28	1,00	Допустимо до максимального значения $\Theta_{\text{окл}}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">40°C</div> <div style="text-align: center;">30°C</div> <div style="text-align: center;">от 20°C до -20°C</div> </div>
1,1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,09	0,29	1,03	
1,2	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,09	0,30	1,08	
1,3	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,10	0,32	1,14	
1,4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,12	0,36	1,23	
1,5	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,14	0,41	1,37	
1,6	0,01	0,01	0,02	0,03	0,07	0,18	0,50	1,60	
1,7	0,01	0,02	0,03	0,05	0,10	0,24	0,66	2,01	
1,8	0,02	0,03	0,04	0,08	0,16	0,37	0,95	2,75	
1,9	0,03	0,05	0,08	0,14	0,28	0,62	1,52	4,16	
2,0	0,06	0,09	0,15	0,27	0,52	1,12	2,65	6,96	

Таблица 3

М и Д

 $h=1,0$ ч

K_2	F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{охла}} = 20^\circ\text{C}$								
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
1,0	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,09	0,28	1,00	Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{охла}}$
1,1	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,10	0,31	1,07	
1,2	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,12	0,35	1,17	
1,3	0,00	0,01	0,01	0,03	0,06	0,15	0,41	1,34	
1,4	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,20	0,53	1,62	
1,5	0,01	0,02	0,04	0,07	0,13	0,30	0,74	2,14	
1,6	0,03	0,05	0,08	0,13	0,24	0,50	1,18	3,15	
1,7	0,06	0,10	0,16	0,26	0,47	0,95	2,12	5,27	
1,8	0,14	0,23	0,35	0,57	1,02	1,98	4,24	9,99	
1,9	0,34	0,54	0,81	1,32	2,33	4,47	9,29	21,08	
2,0	0,85	1,33	2,00	3,23	5,66	10,72	21,92	48,52	

Таблица 4

М и Д

 $h=2,0$ ч

K_2	F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{охла}} = 20^\circ\text{C}$								
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
1,0	0,00	0,01	0,01	0,02	0,04	0,11	0,30	1,00	Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{охла}}$
1,1	0,01	0,01	0,02	0,03	0,06	0,14	0,37	1,15	
1,2	0,01	0,02	0,03	0,05	0,09	0,20	0,49	1,43	
1,3	0,03	0,04	0,06	0,10	0,17	0,34	0,76	1,98	
1,4	0,07	0,10	0,15	0,22	0,37	0,67	1,37	3,20	
1,5	0,19	0,27	0,37	0,55	0,89	1,53	2,91	6,19	
1,6	0,53	0,75	1,03	1,51	2,35	3,94	7,14	14,13	
1,7	1,60	2,25	3,05	4,42	6,81	11,17	19,62	37,10	
1,8	5,12	7,15	9,67	13,89	21,19	34,33	59,12	108,63	
1,9	17,42	24,22	32,60	46,59	70,57	113,22	192,49	347,26	
2,0	62,71	86,91	116,64	166,00	250,09	396,50	671,30	1196,12	

Таблица 5

М и Д

$$h = 4.0 \text{ m}$$

F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{охла}} = 20^\circ\text{C}$								
K_2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1,0	0,02	0,02	0,03	0,05	0,08	0,15	0,35	1,00
1,1	0,05	0,06	0,08	0,10	0,16	0,27	0,54	1,35
1,2	0,13	1,17	0,21	0,27	0,38	0,60	1,05	2,19
1,3	0,42	0,52	0,64	0,82	1,11	1,60	2,53	4,56
1,4	1,47	1,81	2,19	2,76	3,64	5,06	7,48	12,07
1,5	5,62	6,87	8,23	10,26	13,32	18,06	25,71	38,91
1,6	23,39	28,38	33,83	41,83	53,69	71,63	99,64	145,34
1,7	105,50	127,41	151,16	185,77	236,48	312,00	427,32	609,42
1,8	514,64	619,20	731,95	895,24	1132,51	1481,95	2007,52	2820,01
1,9	2710,43	—	—	—	—	—	—	—

Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{охла}}$

40°C 30°C 20°C 10°C 0°C -10°C -20°C

Таблица 6

М и Д

$$h=6,0 \text{ м}$$

F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{окл}} = 20^\circ\text{C}$								
K_2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1,0	0,05	0,06	0,07	0,09	0,13	0,21	0,40	1,00
1,1	0,16	0,18	0,21	0,26	0,33	0,47	0,78	1,57
1,2	0,54	0,62	0,71	0,84	1,04	1,36	1,95	3,25
1,3	2,06	2,35	2,65	3,09	3,72	4,66	6,19	8,98
1,4	8,71	9,87	11,06	12,73	15,06	18,41	23,40	31,42
1,5	40,54	45,65	50,87	58,06	67,94	81,66	101,23	130,37
1,6	206,67	231,65	257,01	291,56	338,35	402,15	490,60	616,69
1,7	1151,74	1286,19	1421,89	1605,36	1851,41	2182,39	2632,81	3257,83

Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{окл}}$

40°C 30°C 20°C 10°C 0°C -10°C -20°C

Таблица 7

М и Д

 $t=8,0$ ч

K_2	F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{охла}}=20^\circ\text{C}$								Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{охла}}$					
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0						
1,0	0,10	0,11	0,13	0,15	0,19	0,27	0,46	1,00	40°C	30°C	20°C	10°C	0°C	-10°C
1,1	0,35	0,38	0,42	0,48	0,58	0,74	1,05	1,82						
1,2	1,32	1,45	1,58	1,77	2,04	2,45	3,14	4,51						
1,3	5,60	6,09	6,60	7,29	8,23	9,57	11,56	14,90						
1,4	26,26	28,43	30,59	33,50	37,37	42,60	49,92	60,75						
1,5	135,86	146,44	156,87	170,67	188,75	212,56	244,47	288,69						
1,6	773,21	830,37	886,32	959,63	1054,51	1177,25	1337,56	1551,16						
1,7	4829,31	5170,85	5503,17	5935,61	6489,97	7198,05	8106,93	9288,40						

Таблица 8

М и Д

 $t=12,0$ ч

K_2	F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{охла}}=20^\circ\text{C}$								Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{охла}}$					
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0						
1,0	0,24	0,26	0,27	0,30	0,34	0,42	0,58	1,00	40°C	30°C	20°C	10°C	0°C	-10°C
1,1	0,90	0,95	1,00	1,07	1,18	1,35	1,66	2,32						
1,2	3,75	3,93	4,11	4,36	4,70	5,19	5,95	7,33						
1,3	17,43	18,19	18,93	19,92	21,22	22,97	25,43	29,21						
1,4	89,83	93,38	96,82	101,29	107,04	114,48	124,34	138,05						
1,5	511,56	530,19	548,05	570,95	599,94	636,53	683,28	744,56						
1,6	3211,62	3320,44	3423,95	3555,60	3720,05	3924,32	4179,09	4501,39						

Таблица 9

М и Д

 $t=24,0$ ч

K_2	F при значениях $K_1 = 0,25 - 1,0$ и $\theta_{\text{охла}} = 20^\circ\text{C}$														Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{охла}}$						
	0,25 1,0																				
1,0	1,00														40°C	30°C	20°C	10°C	0°C,	-10°C	-20°C
1,1	4,16																				
1,2	19,19																				
1,3	98,05																				
1,4	553,32																				
1,5	3443,15																				
1,6	23584,81																				

Таблица 10

дц и ц

 $h=0,5$ м

K_1	F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{окл}}=20^\circ\text{C}$								Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{окл}}$						
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0							
1,0	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,07	0,23	1,00	40°C	30°C	20°C	10°C	0°C	-10°C	-20°C
1,1	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,08	0,26	1,05							
1,2	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,10	0,31	1,15							
1,3	0,02	0,03	0,04	0,05	0,09	0,18	0,45	1,44							
1,4	0,06	0,08	0,11	0,16	0,25	0,45	0,92	2,33							
1,5	0,19	0,26	0,36	0,52	0,80	1,35	2,51	5,35							
1,6	0,70	0,97	1,30	1,87	2,87	4,74	8,46	16,51	20°C	10°C	0°C	-10°C	-20°C		
1,7	2,77	3,81	5,11	7,32	11,21	18,36	32,25	61,00							
1,8	11,78	16,16	21,65	30,96	47,28	77,16	134,67	251,74							
1,9	53,94	73,89	98,82	141,06	214,96	349,82	608,26	1130,90							
2,0	265,79	363,58	485,64	692,05	—	—	—	—							

Таблица 11

дц и ц

 $h=1,0$ м

F при значениях $K_2=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{окл}}=20^\circ\text{C}$								
K_2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1,0	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,07	0,25	1,00
1,1	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,10	0,29	1,10
1,2	0,02	0,03	0,04	0,06	0,10	0,18	0,43	1,36
1,3	0,08	0,10	0,13	0,18	0,27	0,45	0,88	2,16
1,4	0,28	0,37	0,47	0,65	0,94	1,46	2,51	4,99
1,5	1,13	1,48	1,89	2,55	3,65	5,57	9,09	16,21
1,6	5,00	6,49	8,27	11,12	15,81	23,82	38,11	65,19
1,7	24,18	31,28	39,71	53,20	75,29	112,64	178,44	300,05
1,8	127,89	165,03	208,95	279,03	393,23	585,25	920,85	1533,83
1,9	740,19	952,86	1203,66	—	—	—	—	—

Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{окл}}$

40°C 30°C 20°C 10°C 0°C -10°C -20°C

Таблица 12

ДЦ и Ц

 $h=2,0$ ч

K_1	F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{охла}} = 20^\circ\text{C}$								Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{охла}}$					
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0						
1,0	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,09	0,27	1,00	40°C	30°C	20°C	10°C	0°C	-10°C
1,1	0,04	0,04	0,05	0,07	0,10	0,18	0,40	1,22						
1,2	0,13	0,16	0,19	0,24	0,32	0,48	0,84	1,93						
1,3	0,54	0,65	0,77	0,96	1,25	1,73	2,62	4,64						
1,4	2,52	3,02	3,57	4,39	5,63	7,58	10,78	16,65						
1,5	13,20	15,72	18,50	22,62	28,76	38,12	52,90	77,48						
1,6	77,34	91,77	107,57	130,80	165,18	216,93	296,94	425,17	-20°C					
1,7	506,38	598,80	699,60	847,07	1063,75	1387,02	1880,61	2657,17						

Таблица 13

ДЦ и Ц

 $h=4,0$ ч

K_1	F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{охла}} = 20^\circ\text{C}$								Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{охла}}$					
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0						
1,0	0,05	0,05	0,06	0,07	0,10	0,15	0,33	1,00	40°C	30°C	20°C	10°C	0°C	-10°C
1,1	0,19	0,22	0,24	0,28	0,33	0,44	0,69	1,51						
1,2	0,90	0,99	1,09	1,23	1,43	1,73	2,29	3,61						
1,3	4,79	5,24	5,71	6,37	7,27	8,56	10,51	13,92						
1,4	29,01	31,62	34,29	37,94	42,89	49,68	59,25	73,54						
1,5	200,28	217,46	234,88	258,47	290,10	332,68	390,78	472,31						
1,6	1572,93	1702,33	1832,74	2008,13	2241,25	2551,01	2966,17	3532,23	-20°C					

Таблица 14

ДЦ и Ц

 $h=6,0$ ч

K_1	F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{охла}} = 20^\circ\text{C}$								Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{охла}}$					
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0						
1,0	0,11	0,12	0,13	0,14	0,17	0,22	0,39	1,00	40°C	30°C	20°C	10°C	0°C	-10°C
1,1	0,49	0,52	0,55	0,60	0,67	0,79	1,05	1,84						
1,2	2,50	2,64	2,79	2,99	3,26	3,66	4,32	5,71						
1,3	14,74	15,50	16,27	17,30	18,67	20,52	23,15	27,33						
1,4	99,59	104,40	109,16	115,45	123,66	134,41	148,73	168,69						
1,5	770,88	805,64	839,82	884,59	942,32	1016,50	1112,50	1239,20						
1,6	6825,27	7115,18	7398,46	7767,13	8238,09	8835,69	9595,43	10571,52	-20°C					

ДШ и Ш

 $k=8.0$ у

F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{окл}} = 20^\circ\text{C}$								
K_2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1,0	0,18	0,19	0,20	0,22	0,24	0,30	0,45	1,00
1,1	0,86	0,89	0,93	0,98	1,06	1,18	1,44	2,17
1,2	4,62	4,78	4,95	5,18	5,49	5,92	6,62	8,01
1,3	28,56	29,49	30,41	31,62	33,22	35,33	38,26	42,75
1,4	202,97	208,99	214,87	222,56	232,45	245,18	261,78	284,33
1,5	1654,79	1699,84	1743,63	1800,30	1872,33	1963,31	2078,77	2227,77
1,6	15458,26	15848,37	16225,21	16709,73	17319,77	18080,70	19029,66	20222,22

Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{окл}}$

40°C, 30°C, 20°C, 10°C, 0°C, -10°C

Таблица 16

ДН и И

 $\hbar = 12.0 \text{ eV}$

K_3	F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{окл}}=20^\circ\text{C}$							
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1,0	0,35	0,36	0,37	0,38	0,41	0,45	0,58	1,00
1,1	1,68	1,72	1,76	1,81	1,89	2,01	2,24	2,85
1,2	9,40	9,58	9,77	10,01	10,33	10,79	11,48	12,77
1,3	60,56	61,59	62,59	63,91	65,64	67,89	70,96	75,52
1,4	448,15	454,88	461,44	469,94	480,80	494,65	512,53	536,41
1,5	3805,84	3857,18	3906,78	3970,61	4051,12	4151,95	4278,64	4440,22

Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{окл}}$

40°C 30°C 20°C, 10°C 0°C, -10°C, -20°C

Таблица 17

ДУ И Ц

$$h = 24.0 \text{ y}$$

K_1	F при значениях $K_1=0,25-1,0$ и $\theta_{\text{окл}} = 20^\circ\text{C}$		Допустимо до максимального значения $\theta_{\text{окл}}$
	0,25 1,0		
1,0	1,00	40°C	20°C, 10°C 0°C, -10°C, -20°C
1,1	5,11	30°C	
1,2	29,95		
1,3	201,71		
1,4	1557,91		
1,5	13787,33		

ИЗМЕНЕНИЕ № 1 ГОСТ 14209—83 Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки

Утверждено и введено в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15.02.88 № 244

Дата введения 01.07.88

Пункт 1.9. Первый абзац. Заменить слова: «по табл. 1—14 и табл. 1—17» на «по табл. 1—16 и табл. 1—19».

Пункт 2.2.4. Заменить слова: «допустимо установившиеся» на «допустимые установившиеся».

Пункт 2.5.3. Заменить слово: «итерационным» на «итерационным».

Пункт 4.5 изложить в новой редакции:

«4.5. Для трансформаторов классов напряжения свыше 110 кВ при температуре охлаждающей среды не более 20 °С необходимо применять нормы табл. 8—14, но для значения $\theta_{охл}$, увеличенного на 20 °С. Для температуры охлаждающей среды 30 °С и 40 °С значения K_2 определять по табл. 15 и 16».

Табл. 15 и 16 изложить в новой редакции (см. стр. 2).

Приложение 2. Таблица. Для населенного пункта «Ашхабад» в графе «Эквивалентная температура зимняя» заменить значение: —4,2 на 3,0;

в графе «Эквивалентная температура летняя» заменить значение: 15,3 на 29,8.

Приложение 3. Наименование табл. 2. Исключить знак *.

текст сноски исключить.

Приложение 6. Пункт 1. Заменить слова: «приложения 3» на «приложения 5»;

пункт 1.1. Заменить слова: «в приложении 3» на «в приложении 5».

Приложение 7. Блок-схему расчета допустимых аварийных перегрузок изложить в новой редакции (см. стр. 3).

Приложение 8. Второй абзац. Заменить значение: $\theta_{охл} = 20^\circ\text{C}$ на $\theta_{охл} \neq 20^\circ\text{C}$;

седьмой абзац изложить в новой редакции:

«Для трансформаторов классов напряжения свыше 110 кВ при температуре охлаждающей среды не более 20 °С необходимо применять нормы для температуры охлаждающей среды, увеличенной на 20 °С против ее значения, определяемого в соответствии с п. 1.4. Для температуры охлаждающей среды 30 °С и 40 °С значения F с учетом коэффициента f приведены в табл. 18—19».

Дополнить таблицами 18 и 19 (см. стр. 4).



Таблица 15

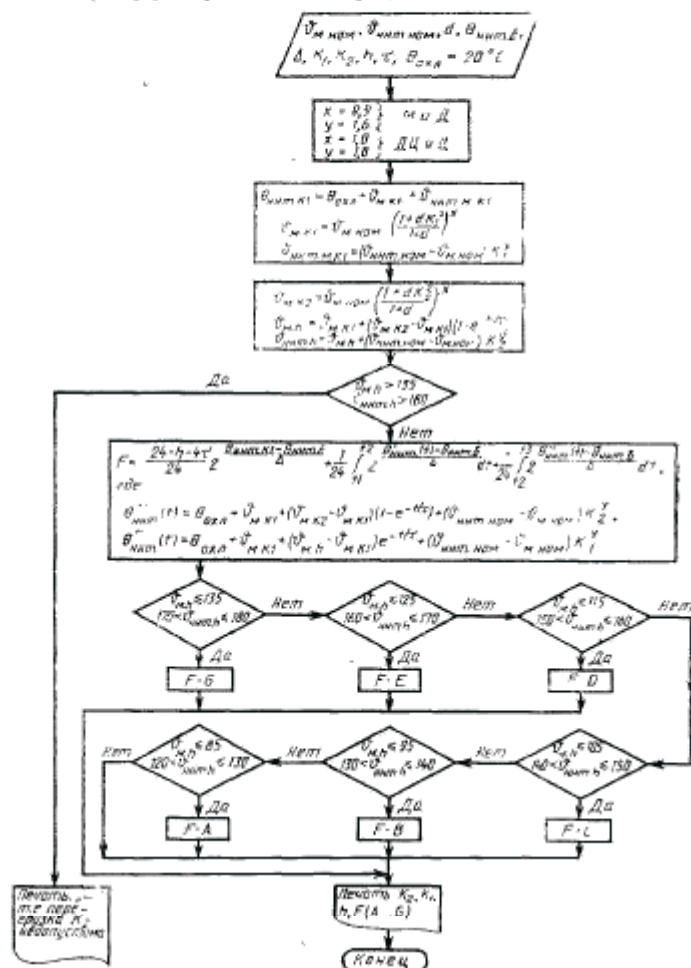
[illegible]

Таблица 16

[illegible]

**БЛОК-СХЕМА РАСЧЕТА ДОПУСТИМЫХ АВАРИЙНЫХ
ПЕРЕГРУЗОК**

для трансформаторов классов напряжения до 110 кВ включительно*



* Для трансформаторов классов напряжения свыше 10 кВ все ограничивающие значения $\dot{U}_{\text{нн}}$ уменьшить на 20%.

Таблица 18

 $\theta_{\text{охла}}=30^{\circ}\text{C}$

h, ч	М и Д										Д и Ц									
	F при различных значениях $K_1=0,25-1,0$										F при различных значениях $K_1=0,25-1,0$									
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0			0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0		
0,5	0,19	0,29	0,48	0,86	0,90	1,18	2,11	5,12	0,61	0,83	1,15	0,51	0,80	1,44	1,44	1,44	1,44	4,61		
1,0	1,09	0,74	1,12	0,83	1,50	1,60	2,37	6,85	0,90	1,18	1,50	2,08	0,86	1,44	2,82	6,91				
2,0	1,70	2,40	1,18	1,76	2,85	2,14	4,58	6,34	1,73	2,08	2,46	3,07	4,00	1,54	2,69	3,90				
4,0	4,70	1,66	2,05	2,62	3,55	5,12	8,09	14,59	2,83	3,17	3,49	3,94	4,58	5,54	7,33	11,60				
6,0	6,59	7,52	8,48	9,89	11,90	4,35	6,24	10,40	8,00	8,45	8,93	9,57	10,43	11,71	13,82	18,27				
8,0	4,22	4,64	5,06	5,66	6,53	7,84	10,05	14,43	14,78	15,30	15,84	16,58	17,57	18,94	21,18	25,63				
12,0	12,00	12,58	13,15	13,95	15,04	16,61	19,04	23,46	30,08	30,56	31,26	32,03	33,06	34,53	36,74	40,86				
24,0	61,41	61,41	61,41	61,41	61,41	61,41	61,41	61,41	95,84	95,84	95,84	95,84	95,84	95,84	95,84	95,84				

 $\theta_{\text{охла}}=40^{\circ}\text{C}$

Таблица 19

h, ч	М и Д										Д и Ц									
	F при различных значениях $K_1=0,25-1,0$										F при различных значениях $K_1=0,25-1,0$									
	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0			0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0		
0,5	0,6	0,9	0,8	0,8	1,0	1,8	4,1	12,3	0,6	0,8	1,1	1,5	0,9	1,8	3,1	11,5				
1,0	0,6	1,0	1,6	1,3	2,4	3,0	5,3	13,4	0,6	1,0	1,3	1,8	2,7	1,8	4,3	13,6				
2,0	1,9	2,7	1,5	2,2	3,7	3,4	7,6	14,3	1,3	1,6	1,9	2,4	3,2	4,8	8,4	12,2				
4,0	4,2	5,2	6,4	2,7	3,8	6,0	10,5	21,9	1,9	2,2	2,4	2,8	3,3	4,4	6,9	15,1				
6,0	5,4	6,2	7,1	8,4	10,4	13,6	7,8	15,7	4,9	5,2	5,5	6,0	6,7	7,9	10,5	16,4				
8,0	13,2	14,5	4,2	4,8	5,8	7,4	10,5	18,2	8,6	8,9	9,3	9,8	10,6	11,8	14,4	21,7				
12,0	9,0	9,5	10,0	10,7	11,8	13,5	16,6	23,2	16,8	17,2	17,6	18,1	18,9	20,1	22,4	28,5				
24,0	41,6	41,6	41,6	41,6	41,6	41,6	41,6	41,6	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1				

(ИУС № 5 1988 г.)

Славо в наб. 28.03.88 Подл. в печ. 01.06.88 0,25 усл. л. л. 0,25 усл. кр.-отт. 0,32 уч.-изд. л.
Тир. 3000 Цена 3 коп.

Ордена «Знак Почета» Издательство стандартов, 123840, Москва, ГСП,
Новопрежневский пер. 3
Калужская типография стандартов, ул. Московская, 256. Зав. 747