

комплексах», 20–21 ноября 2007 г., Белорусский государственный технологический университет, Минск. – С. 213–220.

4. S t r z e l e c k i, R. Współczynnik mocy w systemach zasilania prądu przemiennego i metody jego poprawy / R. Strzelecki, H. Supronowicz. – Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2000. – 452 s.

5. F i r a g o, B. Zastosowanie impulsowego regulatora napięcia dla miękkiego rozruchu i hamowania silników /B. Firago, D. Vasilyev, L. Pawlaczyk // Prace Naukowe Instytutu Maszyn, Napędów i Pomiarów Elektrycznych, Politechnika Wroclawska. – 2008. – № 62. – S. 378–386.

6. А н д р ю щ е н к о, О. А. Исследование режимов асинхронного электропривода при квазичастотном управлении / О. А. Андрищенко, Г. С. Липатов, П. Э. Херунцев // Электро-техническая промышленность. Сер. Электропривод. – 1989. – № 4 (102). – С. 7–9.

Представлена кафедрой электропривода
и автоматизации промышленных установок
и технологических комплексов

Поступила 02.12.2009

УДК 621.314

КОНТРОЛЬ ДОПУСТИМЫХ КРАТКОВРЕМЕННЫХ АВАРИЙНЫХ ПЕРЕГРУЗОК СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Докт. техн. наук, проф. АНИЩЕНКО В. А., студ. АДАМЦЕВИЧ В. А.

Белорусский национальный технический университет

Мощность силовых трансформаторов выбирается исходя из экономической целесообразности режима работы и надежности электроснабжения приемников электроэнергии при условии, что нагрузки трансформаторов не должны приводить к снижению естественного срока их службы. Если не принимать во внимание перегрузочную способность трансформатора, то можно необоснованно завысить его номинальную мощность. Однако при перегрузке износ изоляции витков обмоток трансформатора, соответствующий установившимся превышениям их температур над температурой охлаждающей среды, превышает износ при номинальном режиме. Действующие стандарты [1, 2] различают систематические и аварийные перегрузки. Трансформаторы общего назначения мощностью до 100 МВ·А допускают систематические перегрузки, зависящие от характеристик суточного графика нагрузки, температуры охлаждающей среды (масла, воздуха) и степени суточной или сезонной недогрузки. Допустимость систематических перегрузок обосновывается компенсацией предшествующих и последующих недогрузок.

Нормирование аварийных перегрузок. Аварийные перегрузки носят кратковременный характер, встречаются нечасто и поэтому допускают некоторое некомпенсированное повышение износа изоляции обмоток относительно износа при нормальном режиме работы. Надежность электроснабжения промышленных предприятий обеспечивается установкой на низительных подстанциях двух или более параллельно включенных транс-

форматоров. При отказе одного из трансформаторов приходящаяся на его долю нагрузка распределяется между остальными трансформаторами, и может наступить их перегрузка. Показано [3], что если нагрузка масляного трансформатора, установленного на двухтрансформаторной подстанции, не превысит 0,7 номинальной мощности или 0,93 на трехтрансформаторной подстанции, то этот трансформатор можно перегрузить до пяти суток на 40 %. При этом продолжительность перегрузки в каждые сутки не должна превышать 6 ч с разрывами или подряд. Необходимо также использовать все средства для форсировки охлаждения. Для сухих трансформаторов допускается перегрузка до 20 %.

При проектировании номинальная мощность каждого трансформатора двухтрансформаторной подстанции определяется следующим образом:

$$S_{\text{ном}} = \frac{S_{p.\text{max}}}{0,7 \cdot 2} = 0,714 S_{p.\text{max}} \approx 0,7 S_{p.\text{max}}, \quad (1)$$

где $S_{p.\text{max}}$ – расчетная максимальная мощность, а мощность трансформатора трехтрансформаторной подстанции

$$S_{\text{ном}} = \frac{S_{p.\text{max}}}{0,93 \cdot 3} = 0,358 S_{p.\text{max}} \approx 0,35 S_{p.\text{max}}. \quad (2)$$

Такое нормирование кратковременных аварийных перегрузок основано на предположении, что коэффициент заполнения суточного графика нагрузки подстанции не превышает 75 %, т. е.

$$\alpha = \frac{S_{\text{ср.сут}}}{S_{p.\text{max}}} \leq 0,75. \quad (3)$$

При коэффициенте $\alpha = 0,714$ среднесуточная нагрузка оставшегося в работе трансформатора (на трехтрансформаторной подстанции – каждого из двух) при полной нагрузке подстанции составит

$$S_{\text{ср.сут}} = \alpha S_{p.\text{max}} = 0,714 \frac{S_{\text{ном}}}{0,714} = S_{\text{ном}}, \quad (4)$$

а при $\alpha = 0,75$

$$S_{\text{ср.сут}} = \alpha S_{p.\text{max}} = 0,75 \frac{S_{\text{ном}}}{0,714} = 1,05 S_{\text{ном}}. \quad (5)$$

В таких условиях кратковременные аварийные перегрузки незначительно снижают срок службы трансформатора и считаются допустимыми. На первый план ставится задача обеспечения бесперебойного электроснабжения потребителей. При более жестких условиях работы, например недостаточной мощности установленных трансформаторов, когда номинальная мощность одного трансформатора на двухтрансформаторной подстанции $S_{\text{ном}} < 0,714 S_{p.\text{max}}$ или на трехтрансформаторной $S_{\text{ном}} < 0,358 S_{p.\text{max}}$ и отказе одного из трансформаторов, возможны аварийные перегрузки, значительно превышающие 40 %. Необходимо также считаться с возможностью одновременного выхода из строя двух трансформаторов на трехтрансфор-

маторной подстанции. В этом случае среднесуточная нагрузка может возрасти до

$$S_{\text{ср.сут}} = 0,714 \frac{S_{\text{ном}}}{0,358} = 2,0 S_{\text{ном}}, \quad (6)$$

т. е. 200 % номинальной мощности трансформатора при коэффициенте заполнения графика $\alpha = 0,714$. Однако такие режимы работы могут случаться всего несколько раз за весь срок службы трансформатора и примерная стоимость больших перегрузок не превысит нескольких десятков «отжитых» дней эксплуатации трансформатора. Поэтому допускаются кратковременные аварийные перегрузки масляных трансформаторов с системами охлаждения М, Д, ДЦ, Ц и сухих трансформаторов общего назначения, независимые от предыдущей нагрузки, температуры охлаждающей среды и места установки (табл. 1). Величины этих перегрузок ограничиваются только температурой наиболее нагретой точки обмоток трансформатора [1, 2].

Таблица 1

Допустимые длительности перегрузок

Тип трансформатора	Масляный						Сухой				
Кратность перегрузки $K_{\text{п}}$, о. е.	1,3	1,45	1,6	1,75	2,0	3,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Допустимая длительность перегрузки $t_{\text{п}}$, мин	120	80	45	20	10	1,5	60	45	32	18	5

Зависимость допустимой длительности перегрузки от ее кратности $K_{\text{п}} = S_{\text{п}}/S_{\text{ном}}$, где $S_{\text{п}}$ – мощность перегрузки, можно аппроксимировать следующим образом:

- для масляных трансформаторов (рис. 1)

$$t_{\text{п}} = 540 K_{\text{п}}^{-5,4}, \quad (7)$$

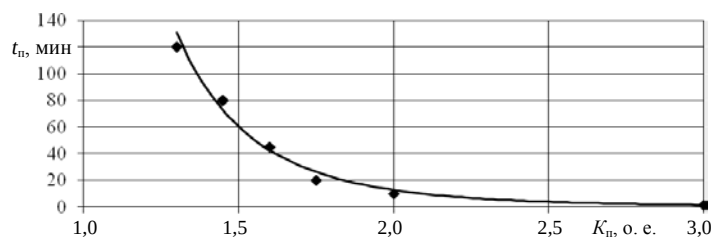


Рис. 1. Перегрузочная способность масляных трансформаторов

- для сухих трансформаторов (рис. 2)

$$t_{\text{п}} = -137 K_{\text{п}} + 223,8. \quad (8)$$

Однако перегрузочные кривые (7), (8) не позволяют определять допустимые длительности переменных во времени перегрузок. Кратности перегрузок в ходе ликвидации аварий могут изменяться в результате оперативных изменений схемы электроснабжения, состава включенных электро-

приемников и потребляемых ими мощностей. Неучет перемежающегося характера аварийных перегрузок ведет к ошибкам определения их допустимых длительностей и, как следствие, к недопустимому перегреву изоляции обмоток или неполному использованию потенциальной перегрузочной способности трансформаторов, что ограничивает возможности успешной ликвидации аварийных режимов.

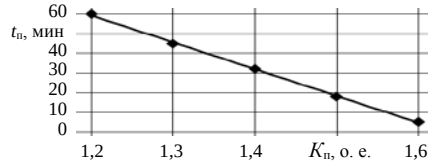


Рис. 2. Перегрузочная способность сухих трансформаторов

Анализ температурного режима трансформатора при перегрузках. Рассмотрим модель, описывающую температурный режим трансформатора при его перегрузке. Для любого момента времени справедливо уравнение баланса [4, 5]

$$\Delta P dt = A \tau dt + D d\tau, \quad (9)$$

где ΔP – мощность активных потерь при прохождении электрического тока, Вт; A – коэффициент теплоотдачи, Вт/°С; D – теплоемкость трансформатора, Вт·с/К; τ – превышение измеренной температуры обмоток трансформатора $\theta_{из}$ температуры окружающей среды $\theta_{ср}$, °С;

$$\tau = \theta_{из} - \theta_{ср}, \quad (10)$$

$d\tau$ – прирост превышения температуры, К; dt – шаг времени, с.

Несмотря на то, что масляный трансформатор является многослойным телом, с достаточной для практических целей точностью можно рассматривать обмотки и масло трансформатора независимыми как сплошные однородные тела, в которых выделяется теплота или происходит их нагрев за счет притока теплоты от других тел. Поэтому классическое уравнение теплового баланса в «чистом» виде (9) используется при расчетах норм нагрузочной способности масляных трансформаторов. Очевидно, оно корректно применительно к сухим трансформаторам. Из уравнения (9) определяем установившееся значение превышения температуры обмоток над температурой окружающей среды

$$\tau_{уст} = \frac{\Delta P}{A} = \tau + T \frac{d\tau}{dt}, \quad (11)$$

где $T = D/A$ – постоянная времени нагрева трансформатора, с.

Уравнению (11) соответствует следующая зависимость превышения температуры обмоток трансформатора от времени:

$$\tau = \tau_{уст} - (\tau_{уст} - \tau_n) \exp\left(-\frac{t}{T}\right), \quad (12)$$

где τ_n – начальное превышение температуры обмоток над температурой окружающей среды.

С повышением температуры в процессе перегрузки возрастает омическое сопротивление обмоток трансформатора. При систематических перегрузках 10–25 % этим фактором можно пренебречь. Однако при аварийных перегрузках порядка 60–100 % и более необходимо учитывать увеличение сопротивления, поскольку оно ведет к росту тепловой интенсивности электротермического процесса и сильно влияет на постоянную времени нагрева трансформатора [4].

При номинальной нагрузке постоянная времени нагрева трансформатора с системами охлаждения М и Д принимается $T = 3$ ч, с системами охлаждения ДЦ и Ц – $T = 2$ ч. С повышением температуры величина T уменьшается.

Постоянную времени нагрева можно определить из уравнения переходного процесса (12), если известны допустимая длительность перегрузки t_n , допустимое установившееся превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки при номинальной нагрузке трансформатора $\tau_{\text{доп}}^{\text{ном}}$, принимаемое за начальное превышение температуры, и установившееся превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки при перегрузке $\tau_{\text{уст}}^{\text{пер}}$, а также допустимое установившееся превышение температуры наиболее нагретой точки при перегрузке $\tau_{\text{доп}}^{\text{пер}}$ (рис. 3):

$$T = \frac{-t_n}{\ln \frac{\tau_{\text{уст}}^{\text{пер}} - \tau_{\text{доп}}^{\text{пер}}}{\tau_{\text{уст}}^{\text{пер}} - \tau_{\text{доп}}^{\text{ном}}}}. \quad (13)$$

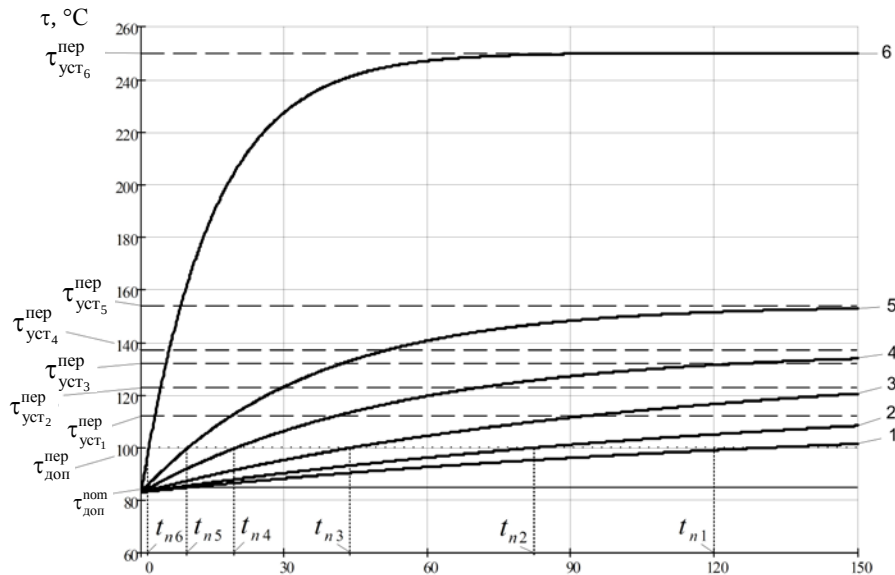


Рис. 3. Превышение температуры наиболее нагретой точки обмотки трансформатора при перегрузке

Установившиеся превышения температур складываются из установившихся превышений температур обмоток над температурами масла и температур масла над температурой охлаждающей среды. Допустимое устано-

ввшееся превышение температуры наиболее нагретой точки стандартного трансформатора при номинальной нагрузке принимается на 13 °С выше среднего превышения температуры обмотки и равно $\tau_{\text{доп}}^{\text{ном}} = 83$ °С [5]. Установившиеся значения температур наиболее нагретой точки обмотки стандартного трансформатора $\theta_{\text{из}}$ при различных аварийных перегрузках также регламентированы [1] и представлены в табл. 2.

Таблица 2

Установившиеся температуры при перегрузках $\theta_{\text{из}}$, °С

Система охлаждения	Кратность перегрузки $K_{\text{п}}$, о. е.					
	1,3	1,45	1,6	1,75	2,0	3,0
М, Д	135	142	145	146	156	206
ДЦ	145	159	170	177	198	317
Ц	130	144	155	162	183	302

Допустимое в течение времени $t_{\text{п}}$ превышение температуры наиболее нагретой точки при перегрузках не регламентировано, но его можно рассчитывать, исходя из (12) и приведенных в табл. 2 установившихся температур:

$$\tau_{\text{доп}}^{\text{пер}} = \tau_{\text{уст}}^{\text{пер}} - (\tau_{\text{уст}}^{\text{пер}} - \tau_{\text{доп}}^{\text{ном}}) \exp\left(-\frac{t_{\text{п}}}{T}\right), \quad (14)$$

где постоянная времени нагрева $T = 2,5$ ч принята одинаковой при номинальной нагрузке и перегрузках кратностью $K_{\text{п}} = 1,3$ и $K_{\text{п}} = 1,45$; $\tau_{\text{уст}}^{\text{пер}}$ определена по формуле

$$\tau_{\text{уст}}^{\text{пер}} = \overline{\theta_{\text{из}}} - \theta_{\text{ср}}; \quad (15)$$

$\overline{\theta_{\text{из}}}$ – осредненные по видам охлаждения температуры при перегрузках, приведенные в табл. 2; $\theta_{\text{ср}} = 25$ °С – температура окружающей среды.

При определенном таким образом допустимом превышении температуры при перегрузках $\tau_{\text{доп}}^{\text{пер}} = 100$ °С были рассчитаны постоянные времени нагрева масляного трансформатора (табл. 3).

Таблица 3

Кратность перегрузки $K_{\text{п}}$, о. е.	1,3	1,45	1,6	1,75	2,0	3,0
Среднее (по видам охлаждения) превышение температуры наиболее нагретой точки $\tau_{\text{уст}}^{\text{пер}}$, °С	112	123	132	137	154	250
Постоянная времени нагрева T , мин	150	150	104	53	36	15

Зависимость постоянной времени T от $K_{\text{п}}$ в диапазоне $K_{\text{п}} = 1,45$ –3,0 аппроксимируется следующим образом (рис. 3):

$$T = 388,3 K_{\text{п}}^{-3,09}. \quad (16)$$

Результаты аппроксимации в графической форме представлены на рис. 4.

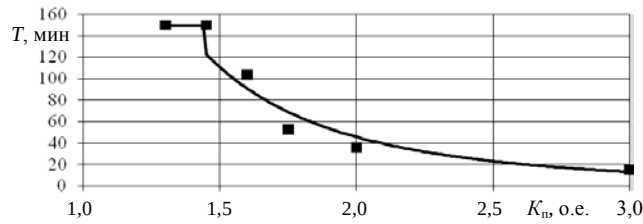


Рис. 4. Постоянная времени масляного трансформатора

Следует отметить приближенный характер полученной зависимости (16). Он обусловлен, в частности, трудностями непосредственного измерения температуры наиболее нагретой точки обмотки трансформатора (принимают ее выше средней по сопротивлению температуры), а также неучетом при нормировании допустимой длительности перегрузки различных способов охлаждения, номинальной мощности и конструктивных особенностей трансформаторов, в частности различных соотношений потерь короткого замыкания при номинальной нагрузке к потерям холостого хода.

Допустимые длительности переменных аварийных перегрузок. Как было отмечено, нормированные перегрузочные кривые (7), (8) предназначены для определения допустимой длительности постоянных во времени кратковременных аварийных перегрузок ($K_n = \text{const}$). При этом не учитывается предшествующая аварии нагрузка трансформатора; во всяком случае, предполагается, что она не превышает номинальную. Основанием этому служит то, что аварии происходят редко и вероятностью перегрузки трансформатора перед появлением аварии можно пренебречь. Однако если авария уже произошла и в процессе ее развития перегрузка изменилась, следует учесть предшествующую ее изменению кратность, т. е. учесть «внутреннюю» предысторию происходящего аварийного процесса. Показателем этой предыстории может служить начальное превышение температуры τ_n в момент изменения кратности перегрузки. Тем не менее попытка контролировать уменьшающийся с течением времени запас допустимой длительности продолжающейся перегрузки на основе измерений температуры, используя (12), не приводит к удовлетворительному результату, так как остается неизвестным будущее установившееся превышение температуры $\tau_{уст}^{пер}$. Вряд ли можно с достаточной точностью экстраполировать

значение $\tau_{уст}^{пер}$ в условиях аварийного режима. Поэтому не случайно допустимые длительности перегрузок нормированы в зависимости от кратности последних, а не от температуры. Связь между кратностью перегрузки K_n и вызываемой ею текущей кратностью превышения температуры изоляции

обмотки над температурой охлаждающей среды $K_\tau^T = \frac{\tau_{уст}^{пер}}{\tau_{доп}}$ отражает

инерционное звено с передаточной функцией

$$W(p) = \frac{K_\tau^T(p)}{K_n(p)} = \frac{k}{Tp + 1}, \quad (17)$$

где входным сигналом является кратность перегрузки, выходным – кратность превышения температуры, $p = d/t$ – оператор дифференцирования; T – постоянная времени звена (она же – постоянная времени нагрева трансформатора); k – коэффициент пропорциональности: $k = \frac{K_{\tau}^{\text{уст}}}{K_{\Pi}}$, $K_{\tau}^{\text{уст}}$ – установившаяся кратность превышения температуры, определяемая как $K_{\tau}^{\text{уст}} = \frac{\tau_{\text{уст}}^{\text{пер}}}{\tau_{\text{доп}}^{\text{ном}}}$. В табл. 4 представлены результаты расчета коэффициента k по данным, приведенным в табл. 3, при установившемся превышении температуры при номинальной нагрузке $\tau_{\text{уст}}^{\text{ном}} = 83^{\circ}\text{C}$.

Таблица 4

Коэффициенты пропорциональности при разных кратностях перегрузки

K_{Π} , о. е.	1,3	1,45	1,6	1,75	2	3
$K_{\tau}^{\text{уст}}$, о. е.	1,35	1,54	1,59	1,65	1,86	3,01
k	1,04	1,06	0,99	0,94	0,93	1,00

С учетом принятых в рассматриваемой задаче допущений можно полагать коэффициент $k \approx 1$ при всех перегрузках.

Если кратность перегрузки K_{Π} изменяется в ходе аварии, то она состоит из ряда накладывающихся ступенек кратности, сдвинутых относительно начала перегрузки на интервалы временной дискретизации процесса. Текущее превышение температуры в этом случае будет суммой переходных функций (12), сдвинутых на те же интервалы и умноженных на величины ступенек кратностей превышения температуры. При этом должны быть учтены начальные условия, различные в начале каждого интервала. В относительных единицах превышение температуры эквивалентно осредненной с постоянной времени T переменной перегрузке. Осреднение удобно производить методом экспоненциального сглаживания [6]

$$\overline{K_{\Pi}}(t) = \alpha K_{\Pi}(t) + (1 - \alpha) \overline{K_{\Pi}}(t - h), \quad (18)$$

где $\overline{K_{\Pi}}(t)$ – осредненная кратность перегрузки в момент времени t ; $\overline{K_{\Pi}}(t - h)$ – то же в предыдущий момент времени $(t - h)$; h – интервал временной дискретизации процесса.

Параметр сглаживания α при $T \gg h$ определяется следующим образом:

$$\alpha = 1 - \exp(-h/T). \quad (19)$$

Используя рекурсивное соотношение (18), можно непрерывно отслеживать осредненную кратность перегрузки и таким способом косвенно контролировать температурный режим трансформатора. Фактическая кратность перегрузки $K_{\Pi}(t)$ эквивалентна соответствующему ей ожидаемому установившемуся превышению температуры $\tau_{\text{уст}}^{\text{пер}}$. Осредненная кратность перегрузки $\overline{K_{\Pi}}(t)$ эквивалентна начальному превышению температуры τ_{Π} в начале каждого интервала дискретизации.

Из уравнения переходного процесса (12) выведем формулу для определения допустимой длительности переменной перегрузки в момент времени t

$$t_n(t) = -T \ln \frac{K_n(t) - 1,2}{K_n(t) - \overline{K_n(t)}}, \quad (20)$$

где допустимое при перегрузках превышение температуры $\tau_{\text{доп}}^{\text{пер}} = 100^\circ\text{C}$ эквивалентно постоянной кратности $K_n = 1,2$.

В табл. 5 приведены нормированные допустимые длительности постоянных перегрузок согласно (7) и их значения, соответствующие рассчитанным по (13) постоянным времени нагрева и рассчитанным по (20)

Таблица 5

Допустимые длительности постоянных перегрузок t_n , мин

Способ расчета	Кратность перегрузки K_n , о. е.					
	1,3	1,45	1,6	1,75	2,0	3,0
Согласно (7)	131	73	43	26	13	1,45
Согласно (13)	132	85	44	20	10	2,0
Согласно (20)	164	88	42	16	8	1,6

Сопоставление приведенных в табл. 5 значений t_n свидетельствует об их удовлетворительном совпадении при кратности $K_n(t) \geq 1,45$. Заниженная регламентированная допустимая длительность перегрузки кратностью $K_n(t) = 1,3$ объясняется, возможно, тем, что она не учитывает большой разброс постоянной времени нагрева при номинальной нагрузке $T = 2-3$ ч (для старых конструкций может быть $T = 4$ ч).

Во избежание разногласий с действующими стандартами [1–3] предлагается при кратностях перегрузки $K_n(t) < 1,45$ вести расчет t_n по формуле

$$t_n(t) = -T \ln \frac{K_n(t) - 1,166}{K_n(t) - \overline{K_n(t)}}, \quad (21)$$

где постоянная кратность перегрузки $K_n = 1,166$ соответствует допустимому при перегрузках превышению температуры $\tau_{\text{доп}}^{\text{пер}} = 99^\circ\text{C}$.

Рассчитанные по формулам (20), (21) зависимости допустимой длительности перегрузки от ее фактической и осредненной кратностей представлены на рис. 5.

Запас допустимой длительности постоянной перегрузки в момент времени t , определенный в момент возникновения перегрузки $t = 0$ согласно перегрузочной кривой (7), рассчитывается по формуле

$$\Delta t_{\text{зап}}(t) = t_n(0) - t. \quad (22)$$

Запас допустимой длительности переменной перегрузки в момент времени t равен допустимой длительности перегрузки, определяемой согласно (20), (21) в тот же момент времени:

$$\Delta t_{\text{зап}}(t) = t_n(t). \quad (23)$$

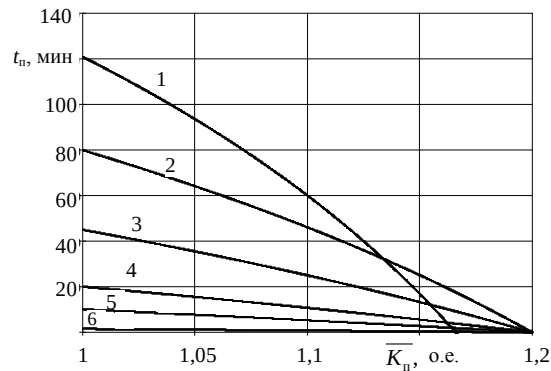


Рис. 5. Допустимая длительность кратковременной перегрузки:
1 – $K_n(t) = 1,3$; 2 – 1,45; 3 – 1,6; 4 – 1,75; 5 – 2,0; 6 – 3,0

Эффективность учета перемежающегося характера перегрузки видна из следующего иллюстративного примера. На рис. 6 показаны изменения во времени фактической (кривая 1) и осредненной (кривая 2) кратностей перегрузки.

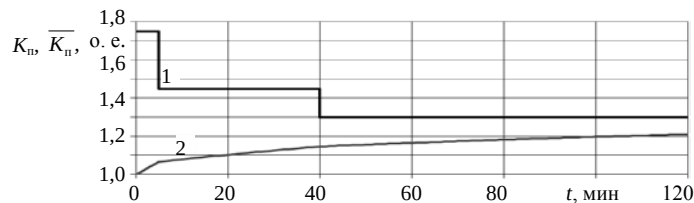


Рис. 6. Фактическая и осредненная перегрузки

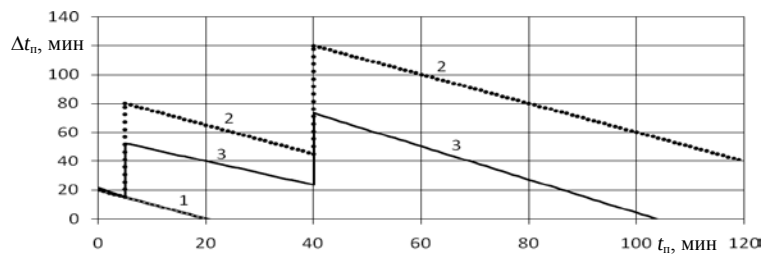


Рис. 7. Запасы допустимых длительностей перегрузок

Кривая 1 на рис. 7 показывает изменение во времени запаса допустимой длительности постоянной кратности перегрузки $K_n = 1,75$, рассчитанной по (22). Кривая 2 на рис. 7 показывает изменение рассчитанной по той же формуле допустимой длительности изменяющейся перегрузки, но без учета предыстории развития аварийного процесса. Кривая 3 на этом же рисунке, определенная в соответствии с условием (23), показывает допустимую длительность перегрузки с учетом ее изменений и предыстории.

ВЫВОДЫ

1. Неучет возможных изменений кратности кратковременной перегрузки силового трансформатора в процессе развития аварии может привести

к большим ошибкам при определении допустимой длительности перегрузки, исходя из нормированной перегрузочной кривой для постоянных во времени перегрузок.

2. Разработан способ оперативного определения допустимой длительности переменной кратковременной аварийной перегрузки в зависимости от фактической и осредненной кратностей изменяющейся во времени перегрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т р а н с ф о р м а т о р ы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки: ГОСТ 14.209–69. – М.: Изд-во стандартов, 1969.
2. П р а в и л а технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.; Л.: Омега, 2007.
3. И н с т р у к т и в н ы е и информационные материалы по проектированию электроустановок. – М.: ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект». – 1996. – № 5.
4. Ш н и ц е р, Л. М. Основы теории и нагрузочная способность трансформаторов / Л. М. Шницер. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959. – 232 с.
5. Б о д н а р, В. В. Нагрузочная способность силовых масляных трансформаторов / В. В. Боднар. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 177 с.
6. Б е н д а т, Дж. Измерение и анализ случайных процессов / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1974. – 404 с.

Представлена кафедрой
электроснабжения

Поступила 02.02.2010

УДК 621.311

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ РАБОТЕ ВЕТРОЭЛЕКТРОУСТАНОВОК В ОБЩЕЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРИОДА ИХ ПЛАНОВОГО КОНТРОЛЯ

Докт. инж. наук, доц. РОЛИК Ю. А., канд. техн. наук ГОРНОСТАЙ А. В.

*Институт транспорта и связи (Латвия),
Белорусский национальный технический университет*

Существующие традиционные производители электрической энергии, использующие в своей работе различное топливо, продуктами сгорания которого являются экологически вредные вещества, значительно загрязняют окружающую среду и ухудшают экологическую ситуацию. Нехватка собственных источников электроэнергии и использование, как правило, завозимого топлива создают предпосылки зависимости от импортеров электроэнергии. Для уменьшения этой зависимости необходимо постоянное наращивание мощностей упомянутых производителей, которое в свою очередь приводит к возникновению и усилению вредного парникового эффекта. В этих условиях дальнейшее развитие таких производителей бесперспективно и нецелесообразно.