

Электрические нагрузки кабельных линий напряжением 6-10кВ

Романов Р.В., Радкевич В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Для оценки степени использования пропускной способности элементов электрических сетей используется максимальная получасовая токовая нагрузка, которая принимается в качестве расчётного тока I_p

$$I_p = I_c + \beta \cdot \sigma(I), \quad (1)$$

где I_c и $\sigma(I)$ – соответственно среднее значение получасового тока нагрузки и среднее квадратическое отклонение;
 β – коэффициент, зависящий от заданной доверительной вероятности.

Если за определённый период произведено количество измерений m , то среднее арифметическое значение тока нагрузки

$$I_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m I_i, \quad (2)$$

а среднее квадратическое отклонение, характеризующее рассеяние результатов измерений, определяется по формуле

$$\sigma(I) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (I_i - I_c)^2}, \quad (3)$$

где I_i – ток нагрузки при i -м измерении.

В тех случаях, когда известны лишь максимальное (I_{max}) и минимальное (I_{min}) значения тока, при симметричном законе распределения нагрузок оценка рассеяния результатов измерения может основываться на предположении, что интервал в шесть среднее квадратических отклонений обычно включает 99,7% всех наблюдаемых значений. Тогда среднее квадратическое отклонение можно определить по выражению

$$\sigma(I) = R_\sigma / 6, \quad (4)$$

где R_σ – вариационный размах тока нагрузки,

$$R_\sigma = I_{max} - I_{min}. \quad (5)$$

При этом средний ток оценивается приближённо по формуле

$$I_c = (I_{max} + I_{min})/2. \quad (6)$$

Определение $\sigma(I)$ и I_c по выражениям (4) и (6) позволяет произвести довольно грубую оценку расчётного тока линии, так как R_g практически не зависит от изменения токов, а крайние значения токов I_{max} и I_{min} могут иметь невысокую статистическую надёжность.

Изменение режима электропотребления в обобщённом виде можно охарактеризовать коэффициентом вариации тока нагрузки, который определяется как

$$\gamma = \sigma(I) / I_c. \quad (7)$$

С учётом (7) выражение (1) можно представить в виде

$$I_p = I_c (I + \beta \cdot \gamma). \quad (8)$$

От коэффициента β существенно зависит величина I_p . Особенно это влияние сказывается при значительных вариациях тока нагрузки. Коэффициент β выбирают таким, чтобы ошибка при оценке расчётного тока была минимальной. При определении расчётных нагрузок β принимают равным от 1,65 до 2,5. При этом целесообразно учитывать характер нагрузки потребителей, питающихся по рассматриваемой линии. При оценке максимума нагрузки жилых домов значение β принимают равным 2, что соответствует доверительной вероятности 0,95, а общественных зданий, характеризующихся более однородными условиями работы, равным 1,65 при доверительной вероятности 0,9. Расчёт нагрузок промышленных предприятий производится при значении β равном 2,5 (доверительная вероятность 0,99).

При оценке расчётного тока следует определить минимальное количество измерений, которое необходимо выполнить для получения достоверных результатов. С этой целью можно использовать следующее выражение:

$$m = (\beta \cdot \gamma \cdot 100 / \Delta)^2, \quad (9)$$

где Δ – допустимая ошибка расчёта, $\Delta=5-10\%$.

Если количество измерений известно, то соответствующая ему ошибка расчёта определяется по формуле

$$\Delta = \beta \cdot \gamma \cdot 100 / \sqrt{m}. \quad (10)$$

Для иллюстрации в таблице даны результаты расчёта I_p , I_c и $\sigma(I)$ произведенного по формулам (1), (2) и (3) на основе измерений получасовых токов в течение суток для двух линий городской сети напряжением 10 кВ. Одна линия выполнена трёхжильным кабелем марки ААБ 3х240-10, а вторая – тремя одножильными кабелями марки АПвП2г-1х300/50-10 с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Таблица

Токи нагрузки кабельных линий напряжением 10 кВ

Фаза линии	Значение тока, A			$\sigma(I)$, A	I_p , A , при β		
	max	min	средн.		1,65	2	2,5
Трёхжильный кабель с бумажной изоляцией							
1.1	151,0	50,0	91,44	26,64	135,4	144,72	158,04
1.2	155,0	51,0	90,83	26,72	134,92	144,27	157,63
1.3	149,0	50,0	87,94	25,7	130,35	139,34	152,19
Одножильный кабель с пластмассовой изоляцией							
1.1	27,71	0	13,57	7,64	26,2	28,85	32,67
1.2	29,94	11,31	17,97	5,86	27,64	29,69	32,62
1.3	27,71	0	16,31	5,68	25,68	27,67	30,51

Анализ данных таблицы показывает, что обе линии имеют неравномерную нагрузку фаз. Это объясняется тем, что в городских сетях на формирование нагрузки существенное влияние оказывают однофазные электроприемники. Причём максимальное различие наблюдается для средних нагрузок линии, выполненной одножильными кабелями (32%). Добавление к среднему току величины $\beta \cdot \sigma(I)$ несколько сглаживает неравномерность (до 4-7%), но не устраняет её. Следовательно, при неравномерной нагрузке выявление в электрической сети кабельных линий, работающих с нагрузкой, близкой к предельно допустимой, необходимо производить по максимальному току наиболее загруженной фазы. Отметим также крайне низкую нагрузку одножильных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.