

ДОПУСТИМО ТОКОВО НАТОВАРВАНЕ В НЕИЗОЛИРАНИ ШИНИ, РАБОТЕЩИ В СРЕДА С ТЕМПЕРАТУРА РАЗЛИЧНА ОТ ОБЯВЕНАТА

Стефан Чобанов

CMC-C EOOD, 2070 Пирдоп; e-mail: office@cmc-c.com

РЕЗЮМЕ: Предложена е методика за определяне на допустимото токово натоварване за практическо приложение на неизолирани шини при различна температура на работната среда в зависимост от допустимия ток обявен за съответна температура. Разгледани са примери за практическо приложение.

ACCEPTABLE CURRENT LOADING IN THE UN-INSOLATED BUSBARS, WORKING IN AN AREA WITH TEMPERATURE DIFFERENT THAN THE ANNOUNCED

Stefan Chobanov

CMC-C Ltd., 2070 Pirdop, e-mail: office@cmc-c.com

ABSTRACT: A methodology for determining the acceptable current loading for practical application of un- isolated busbars at different temperatures of the working area in accordance with the acceptable current which is announced for the appropriate temperature is proposed. Examples of practical application are discussed.

Необходимост

В нормативните документи, в справочната литература и в данните на производителите, допустимите токови натоварвания на проводници, кабели и шини са дадени с фиксирана допустима стойност на тока при обявена температура.

Например, таблиците за допустимите токови натоварвания на неизолирани шини, регламентирани в Наредба №3 за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии, посочените стойности се отнасят при максимална степен на загряване в продължителен режим – 70°C и температура на работната среда -25°C.

На практика температурата на околната среда (работното пространство) се променя в широки граници, както при различните сезони, така и от генерираната топлина от тоководящите части – проводници, кабели, шини, неподвижни и подвижни контактни съединения, бобини от магнетопроводи, от нагреватели и др.

Диапазонът на тези изменения може да бъде оценен сравнително лесно и достатъчно точно чрез измервания или с експертна оценка

Необходимо е, и това е по-трудно да се уточни количествено влиянието на екстремните гранични, установени стойности на температурата за нормалното функциониране на електрическите съоръжения.

Основен показател, характеризиращ и гарантиращ нормалната работа е допустимото токово натоварване. Предложен е подход за редуциране (коригиране) на

допустимото токово натоварване на неизолирани шини във функция от температурата на околната среда.

При неизолираните шини има достатъчно основание да се приеме, че топлинната мощност, разсейвана в околното пространство е резултат от топлообмена чрез конвекция и лъчение. Разглеждайки шината като еднородно тяло, тази мощност се определя по формулата на Нютон [1]:

$$P_{\text{охл}} = K_{\text{то}} S (\theta_{\text{ш}} - \theta_{\text{ср}}), \quad (1)$$

където:

$K_{\text{то}}$ е коефициент на топлообмена, отчитащ конвекцията и лъченето

S – нагрятата повърхност

$\theta_{\text{ш}}$ температурата на повърхността на шината

$\theta_{\text{ср}}$ – температурата на околната среда

В установен (или квази-установен) режим, цялата топлинна мощност $P_{\text{нагр}} = I^2 R_{\text{ш}}$ се отделя в околното пространство, а температурата на шината, (или нейната стойност) не се променя, т.е.:

$$P_{\text{нагр.}} = P_{\text{охл}} \quad (2)$$

Съгласно нормативите [2], температурата на шините трябва да се ограничи до 70°C и това ще се случи, ако тока в шината, със съпротивление $R_{\text{ш}}$, е ограничен до допустимата стойност посочена в таблиците, при температура на околната среда 25°C.

Тогава, съгласно 1 и 2:

$$P_{\text{нагр}} = I_{\text{доп}25}^2 R_{\text{ш}} = P_{\text{охл}} = K_{\text{то}} S (70-25) \quad (3)$$

За всяка стойност на температурата на околната среда θ_o очевидно ще има съответен допустим ток $I_{\text{доп}}(\theta_o)$, при който шината няма да надвиши регламентираната температура 70°C .

$$I_{\text{доп}25}^2 R_{\text{ш}} = K_{\text{то}} S (70-\theta_o) \quad (4)$$

От (3) и (4) следва, че допустимата стойност на тока може да се определи с уравнението:

$$I_{\text{доп}}(\theta_o) = I_{\text{доп}(25)} \sqrt{\frac{70-\theta_o}{45}} \quad (5)$$

Пример: Al. шина 100/5mm е с допустим ток 1820A [2], при $\theta_{\text{max}} = 70^\circ\text{C}$ и $\theta_Q = 25^\circ\text{C}$.

Стойностите на допустимия ток за посочената шина при температурата на околната среда в интервала $I_{\text{ср}} \in (20-50)^\circ\text{C}$, изчислени по (5), са дадени в таблица 1:

Таблица 1

Температурата на околната среда, $^\circ\text{C}$	20	25	30	35	40	45	50
Допустим ток, A	1918	1820	1716	1605	1486	1356	1213
Изменения на допустимия ток, %	-5,38	0	5,71	11,81	18,35	25,46	33,35

В последния хоризонтален ред на табл. 1 са изчислени нарастването (при $\theta_o < 25^\circ\text{C}$) и намаляването (при $\theta_o > 25^\circ\text{C}$) на допустимия ток за шината. Например при температура на околната среда 45°C допустимия ток намалява с повече от 25%.

Зависимостта (1) може да се запише по-общо, за да може да се използва и при зададени стойности на допустимия ток $I_{\text{доп}(H)}$ при други фиксирани условия: максимална допустима температура $I_{\text{доп}}$ и температура на средата, за която е даден $I_{\text{доп}}(H)$, $\theta_{o(H)}$

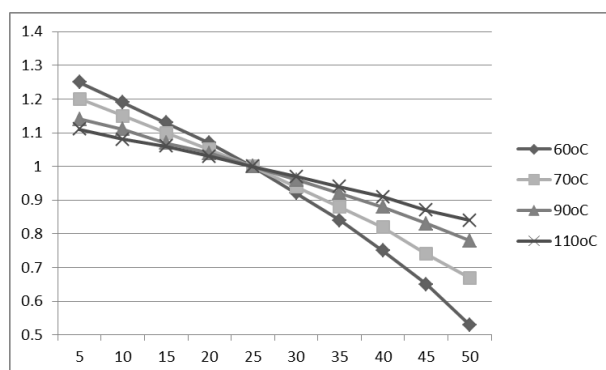
$$I_{\text{доп}}(\theta) = I_{\text{доп}(H)} \sqrt{\frac{\theta_{\text{доп}(H)} - \theta_o}{\theta_{\text{доп}(H)} - \theta_{\text{ср}(H)}}} = I_{\text{доп}} K \quad (6)$$

За практически цели, когато трябва да се определи допустимият ток, е целесъобразно, зависимостите (5) и (6) да се табулират или да се изразят графично (фиг.1).

Така например, данните за допустимите продължителни токови натоварвания на неизолирани шини лимитирани в Наредба №3 за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии [2], отнасящи се за $\theta_{\text{доп}(H)} = 70^\circ\text{C}$ и $\theta_{o(H)} = 25^\circ\text{C}$, могат да се коригират при $\theta_{o(H)} \neq 25^\circ\text{C}$ и $\theta_{\text{доп}(H)} \neq 70^\circ\text{C}$:

$$K = f(\theta_o) \quad (7)$$

с коефициент, който може да се определи от крива 70°C $K=f(\theta_o)$, дадена на фиг.1.



Фиг.1

Пример: медна шина състояща се от 2 ленти с размери 80/6 всяка, за фаза по табл. 11 на НУЕУЕЛ има допустим ток 2110A (при 25°C). Шината е монтирана на КРУ за открит монтаж. През лятото температурата в КРУ достига 40°C . Да се определи допустимият ток при продължително натоварване на шините:

$$I_{\text{доп}}(40) = I_{\text{доп}(25)} K = 2110 \cdot 0.82 = 1730A \quad (8)$$

където K е определен по фиг.1, крива 70°C . За $\theta_o = 40^\circ\text{C}$ отчитаме $K = 0.82$, както се вижда от резултата, допустимият ток, който се използва при проверката по нагряване е, с 18% по-малък спрямо обявената стойност, определена при 25°C – $I_{\text{доп}(25)} = 2110A$.

С изчисление коефициентът има стойност:

$$K = \frac{\sqrt{70-40}}{45} = 0.816 \text{ и } I_{\text{доп}} = 1723A. \quad (9)$$

Грешката при определяне на допустимия ток с използване на кривата от фиг.1 е $\frac{1730-1723}{1723} \cdot 100 = 0.4\%$, която е пренебрежимо малка.

Този подход за преизчисляване на допустимото токово натоварване в зависимост от различни обявени максимални стойности за тока при съответни максимални температури, и температурата на околната среда е коректен и достатъчно точен. Спестява време и дава точни количествени представи за измененията, които на практика, често се определят с експертно определен резерв.

Допустимата температура при натоварване на шините зависи от материала и конструктивните им особености (профил, сечение)..

На таблица 2 са дадени стойности на корегирания коефициент K при шини с различен допустим ток за обявена различна температура (от 60 до 110°C за диапазон на температурата на работната (околна) среда от 5 до 50°C

Таблица 2

$\theta_{доп} \text{ } ^\circ\text{C}$ \ $\theta_{ср} \text{ } ^\circ\text{C}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
60	1.25	1.19	1.13	1.07	1	0.92	0.84	0.75	0.65	0.53
70	1.2	1.15	1.1	1.05	1	0.94	0.88	0.82	0.74	0.67
90	1.14	1.11	1.07	1.04	1	0.96	0.92	0.88	0.83	0.78
110	1.11	1.08	1.06	1.03	1	0.97	0.94	0.91	0.87	0.84

При околна температура достигаща 50°C , допустимо токово натоварване се редуцира (намалява) до 47%, а при $\theta_{ср} = 5^\circ\text{C}$, токовото натоварване може да нарастне значително от 10 до 25%.

По абсолютна стойност, отклоненията намаляват с нарастване на допустимата температура за шините (при 25°C)

Заклучение

Разработената методика дава възможност точно да се оценят измененията в допустимия ток при температура на околната среда различна от обявената и по този начин да се избегнат експертните оценки, които при определени обстоятелства може да доведат до значителни грешки и в някои случаи до прегряване на шините.

Литература

1. Буль Б.К., Г.В. Буткевич и др. Основы теории электрических аппаратов „Высшая школа“, М., 1970.
2. Наредба №3 за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии, АБС техника, С., 2004.