

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВІСНИК
АГРАРНОЇ НАУКИ ПРИЧОРНОМОР'Я
Науковий журнал

*Виходить 4 рази на рік
Видається з березня 1997 р.*

Випуск 3 (86) 2015

Миколаїв
2015

Засновник і видавець: Миколаївський національний аграрний університет.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №19669-9469ПР від 11.01.2013 р.

Збірник включено до переліку наукових фахових видань України, затвердженого наказом міністерства освіти і науки України від 13.07.2015 №747.

Головний редактор: В.С. Шибанін, д.т.н., проф., чл.-кор. НААНУ

Заступники головного редактора:

І.І. Червен, д.е.н., проф.

І.П. Агаманюк, д.т.н., доц.

В.П. Клочан, к.е.н., доц.

М.І. Гиль, д.с.-г.н., проф.

В.В. Гамаюнова, д.с.-г.н., проф.

Відповідальний секретар: Н.В. Потриваєва, д.е.н., проф.

Члени редакційної колегії:

Економічні науки: О.В. Шибаніна, д.е.н., проф.; Н.М. Сіренко, д.е.н., проф.; О.І. Котикова, д.е.н., проф.; Джулія Олбрайт, PhD, проф. (США); І.В. Гончаренко, д.е.н., проф.; О.М. Вишневська, д.е.н., проф.; А.В. Ключник, д.е.н., проф.; О.Є. Новіков, д.е.н., доц.; О.Д. Гудзинський, д.е.н., проф.; О.Ю. Єрмаков, д.е.н., проф.; В.І. Топіха, д.е.н., проф.; В.М. Яценко, д.е.н., проф.; М.П. Сахацький, д.е.н., проф.; Р. Шаундерер, Dr.sc.Agr. (Німеччина)

Технічні науки: Б.І. Бутаков, д.т.н., проф.; К.В. Дубовенко, д.т.н., проф.; В.І. Гавриш, д.е.н., проф.; В.Д. Будаков, д.т.н., проф.; С.І. Пастушенко, д.т.н., проф.; А.А. Ставинський, д.т.н., проф.; А.С. Добишев, д.т.н., проф. (Республіка Білорусь).

Сільськогосподарські науки: В.С. Топіха, д.с.-г.н., проф.; Т.В. Підпала, д.с.-г.н., проф.; А.С. Патрева, д.с.-г.н., проф.; В.П. Рибалко, д.с.-г.н., проф., академік НААН України; І.Ю. Горбатенко, д.б.н., проф.; І.М. Рожков, д.б.н., проф.; І.П. Шейко, д.с.-г.н., професор, академік НАН Республіки Білорусь (Республіка Білорусь); С.Г. Чорний, д.с.-г.н., проф.; М.О. Самойленко, д.с.-г.н., проф.; А.К. Антипова, д.с.-г.н., проф.; В.І. Січкарь, д.б.н., проф.; А.О. Лимар, д.с.-г.н., проф.; В.Я. Щербаков, д.с.-г.н., проф.; Г.П. Морару, д.с.-г.н. (Молдова)

Рекомендовано до друку вченою радою Миколаївського національного аграрного університету. Протокол № 1 від 27.08.2015 р.

Посилання на видання обов'язкові.

Точка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів.

Адреса редакції, видавця та виготовлювача:

54020, Миколаїв, вул. Паризької комуни, 9,

Миколаївський національний аграрний університет,

тел. 0 (512) 58-05-95, <http://visnyk.mnau.edu.ua>, e-mail: visnyk@mnau.edu.ua

© Миколаївський національний аграрний університет, 2015

ELECTRODYNAMIC STABILITY OF ISOLATORS AND BUS BARS IN A SHORT CIRCUIT

O. Kyrychenko, *Candidate of Technical Science*
Mykolayiv National Agrarian University

The results of research of the electrodynamic stability in a short circuit for isolators and bus bars are considered. The tensions in the material of buses with a rectangular cross-section and isolators loads are calculated.

Key words: *electrodynamic stability, isolator, bus bar, short circuit, tension, isolator load.*

Statement of the problem. At present, the problem of testing the stability of high-voltage switchgear equipment, especially isolators and bus bars, becomes critical due to a lack of testing facilities.

The calculation of bus bars structures on rigid supports is sufficiently consuming process. Therefore, for simplifying we will investigate only the middle spans of a long straight section of the bus line without a line tap with equal distances between the isolators. The bus bar's spans examined are in the same conditions, so it is sufficient to consider only one span.

Analysis of last researches and publications. Some of the most interesting researches of electrodynamic stability are in the following published works [1-9] and etc.

The aim of the article is to publish the results of the research of electrodynamic stability of isolators and bus bars in a short circuit for switchgear equipment with voltage up to 35 kV.

Statement of the main material.

Isolators (pillars) of the switchgear equipment up to 35 kV can be considered as absolutely rigid. In this case, the bus in the span between isolators can be considered as a rod (beam) with a uniformly distributed mass along the length and substituted ends (Fig. 1, a).

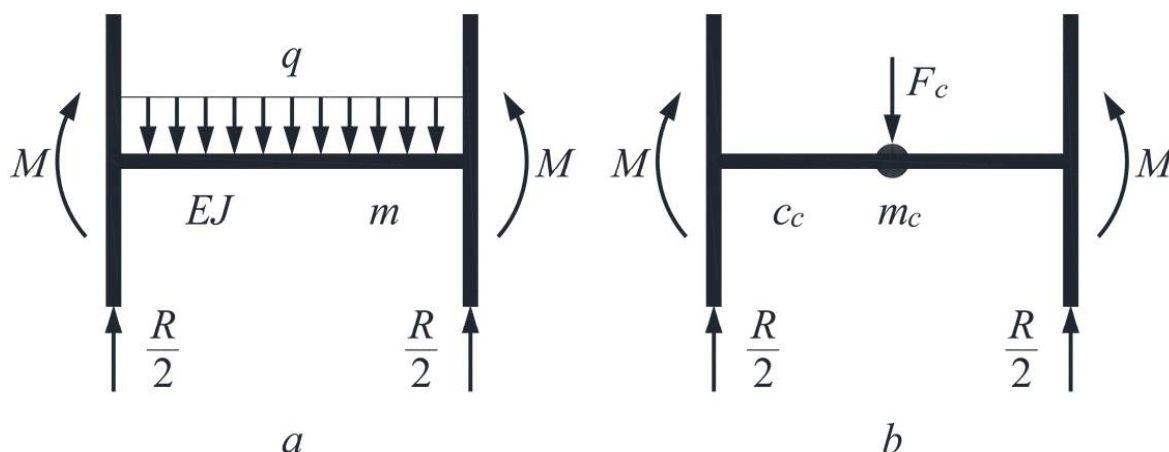


Fig. 1. The scheme of bus bars in the span between isolators (beam with supports): a – mass is evenly distributed along the length; b – mass is concentrated in the middle of the span

It is known that the beam is a system with an infinite number of degrees of freedom, and that it has an infinite number of own vibration frequencies. However, fluctuations in the rods are mainly determined by the first form of own vibrations. Therefore, for simplicity we replace the rod with a distributed mass by the rod with the concentrated mass in the middle of the span (Fig. 1, b). This rod has one degree of freedom and only one own frequency. If to ignore the scattering of energy from bus oscillation the motion of the system with one degree of freedom will be described by the following differential equation:

$$m_c \frac{d^2 y_c}{dt^2} + c_c y_c = F_c, \quad (1)$$

m_c – mass of system with one degree of freedom, kg;

y_c – deflection of system (beam deflection), m;

c_c – rigidity of system (beam rigidity), N/m,

t – time, s;

F_c – concentrated force, N.

The solution of this differential equation (1) is the following:

$$f_s = f_1 = \frac{v_1^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}}; \quad (2)$$

$$F_c = ql = \frac{\alpha l}{\alpha} I_{\text{res}}^2 \sum_{n=1}^5 D_{\text{st}} T_{\text{res}}; \quad (3)$$

$$c_c = c_b, \quad (4)$$

q – electrodynamic load, N/m ;
 E – elastic modulus of bus bar, Pa ;
 J – moment of inertia of the bus bar relative to the axis that is perpendicular to the plane of bending, m^4 ;
 f_c – natural frequency of the system with one degree of freedom, Hz ;
 f_1 – first (primary) frequency of bus bar oscillation, Hz ;
 r_1 – frequency parameter (with absolutely rigid isolators equal 4,73);
 $c_b = \frac{EJ}{l^3}$ – rigidity of the bus bar, N/m .

The frequency, rigidity and mass are associated by dependency:

$$\Omega^2 = (2\pi f)^2 = c/m, \quad (5)$$

Ω – the angular frequency of the system oscillation, rad/s .

If bus bars were at rest before a short circuit than the solutions of the differential equation (1) has the form:

$$y = \frac{1}{m\Omega} \int_0^t F(\theta) \sin \Omega(t - \theta) d\theta, \quad (6)$$

θ – variable that characterizes the time varying in process from 0 to t .

Substitute the expression (6) the value of force (2) and multiply the numerator and denominator at Ω . Taking into account relation (5), we obtain:

$$y = \frac{\alpha l}{ac} I_m^2 \Omega \sum_{n=1}^6 D_n \int_0^t T_n(\theta) \sin \Omega(t - \theta) d\theta. \quad (7)$$

Introduce the notation:

$$y(t) = \sum_{n=1}^6 D_n y_n(t) = \sum_{n=1}^6 D_n \Omega \int_0^t T_n(\theta) \sin \Omega(t - \theta) d\theta, \quad (8)$$

y_n – relative deflection ($n=1,2...6$), caused by the action of the individual components T_n of electrodynamic load;

y – full relative deflection of system.

In this way:

$$y(t) = \frac{\alpha l}{ac} I_m^2 \sum_{n=1}^6 D_n y_n(t) = \frac{\alpha l}{ac} y(t). \quad (9)$$

The principal types of cross-sections for bus bars are shown in Fig. 2.

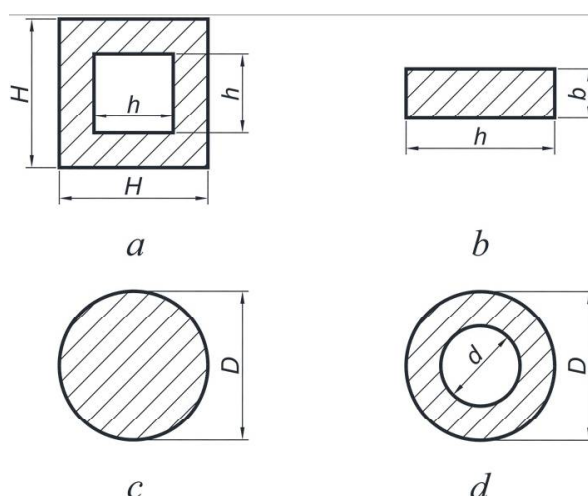


Fig. 2. The principal types of cross-section for bus bars: *a* – square with a square hole; *b* – rectangular; *c* – circular; *d* – circular with a circular hole

The forces acting on the same isolators structures with the same span are equal:

$$R(t) = cy(t) = \frac{\alpha l}{a} I_{\text{m1}}^2 \sum_{n=1}^6 D_n y_n(t) = \frac{\alpha l}{a} I_{\text{m2}}^2 y(t) \quad (10)$$

The maximal tension in the material of the bus bar occurs at the point of the bus bar section most remote from its axis:

$$\sigma(t) = M(t) / W ,$$

M – bending moment, N·m;

W – resistance moment of the cross-section of the bus bar, m⁴ (shown in Table 1).

The bending moment is defined by the formula:

$$M = \frac{cl}{12} y .$$

Therefore,

$$\sigma(t) = \frac{cl}{12W} y(t) = \frac{\alpha l^2}{12aW} I_{\text{m1}}^2 \sum_{n=1}^6 D_n y_n = \frac{\alpha l^2}{12aW} I_{\text{m2}}^2 y . \quad (11)$$

Moments of inertia and resistance of bus bars with a different type of cross-sections are shown in Table 1.

Table 1

**Moments of inertia and resistance of bus bars
with a different type of cross-section**

Type of cross-section	Moment of inertia J	Resisting moment W
Square with a square hole	$\frac{H^4 - h^4}{12}$	$\frac{H^4 - h^4}{6H}$
Rectangular	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$
Circular	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{\pi D^3}{32}$
Circular with a circular hole	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}$

As an example, it was calculated maximum tension in the material of rectangular bus bars $10 \times 0,6$ cm (aluminum alloy with elasticity modulus $E = 7 \cdot 10^{10}$ Pa) and isolators loads. Metal bus bars were placed next to each other by narrow sides, the span's length is $l = 1,6$ m, the distance between bus bars is $a = 0,7$ m. The three-phase short-circuit current is $i_{yn} = 87$ kA, time constant is $T_a = 0,05$ s. The value of a switchgears voltage examined does not exceed 35 kV.

As a result, the following parameters were calculated: moment of inertia is $J = 18 \cdot 10^8$ m⁴, moment of bus bars resistance is $W = 6 \cdot 10^6$ m³, own bus frequency $f = 119$ Hz. Maximal tension in bus bar is $\sigma_{max} = 86,6$ MPa and isolator load is $R_{max} = 4500$ N.

Maximal tension in bus bar and isolator load are less of permissible one: $\sigma_{critical} = 89,2$ MPa, $R_{critical} = 4500$ N. Therefore, selected bus bars satisfy the conditions of electrodynamic stability

Resume

1. The peculiarities of calculating of maximal tension in bus bars and of isolator load for switchgears equipment with voltages up to 35 kV are considered.

2. Maximal tension in bus bar is $\sigma_{max} = 86,6$ MPa and isolator load is $R_{max} = 3896$ N.

References:

1. Электродинамическая стойкость радиочастотных кабелей в зоне их концевой разделки к воздействию больших импульсных токов / М. И. Баранов, Г. М. Колиушко, В. И. Кравченко, В. А. Медведева // Техн. електродинаміка. К. – 2002. – № 5. – С. 14-19.
2. Белый И. В. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / И. В. Белый, С. М. Фертик, Л. Т. Хищенко. – Харьков : Вища школа, 1977. – 168 с.
3. Долин А. П. Расчет электродинамической стойкости и других параметров жесткой ошиновки ОРУ высоких и сверхвысоких напряжений / А. П. Долин // Электрические станции. – М. : Энергопрогресс, 2005. – № 4. – С. 49-53.
4. Долин А. П. Применение современных шинодержателей в отечественных конструкциях жесткой ошиновки / А. П. Долин, Л. Е. Егорова // Электроэнергия. Передача и распределение. – М. : Кабель, 2012. – № 4(13). – С. 64-69.
5. Лазарев В. І. Електродинамічна стійкість силових трансформаторів (основи теорії, методи розрахунку, засоби забезпечення) : автореф. дис. д-ра техн. наук / В. І. Лазарев ; НАН України; Ін-т електродинаміки. – К., 2006. – 37 с.
6. Петрова В. О. Електродинамічна стійкість високовольтної ізоляції з деревини до дії великого імпульсного струму блискавки : автореф. дис. канд. техн. наук / В. О. Петрова ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін.-т». – Харків, 2013. – 20 с.
7. Холявский Г. Б. Расчет электродинамических усилий в электрических аппаратах / Г. Б. Холявский. – Л. : Энергия, 1971. – 156 с.
8. Ярымбаш Д. С. Особенности расчета электродинамической стойкости шихтованных шинных пакетов короткой сети печи графитации / Д. С. Ярымбаш // Вісник СевНТУ. Серія : Механіка, енергетика, екологія. – Севастополь : СевНТУ, 2014. – Вип. 147. – С. 131-136.
9. Kamarol Mohamad. Study on the Electromagnetic Force Affected by Short-Circuit Current in Vertical and Horizontal Arrangement of Busbar System / Mohamad Kamarol, Dahaman Ishak, Syafrudin Masri // Paper of International Conference on Electrical, Control and Computer Engineering. – Pahang, Malaysia, June 21-22, 2011. – P. 196-200.

О. С. Кіріченко. Електродинамічна стійкість ізоляторів і струмопровідних шин при короткому замиканні

У роботі розглянуто результати дослідження ізоляторів і струмопровідних шин на електродинамічну стійкість при короткому замиканні. Розраховано максимальне напруження в матеріалі шин з прямокутним поперечним перерізом і навантаження на ізолятори.

Ключові слова: електродинамічна стійкість, ізолятор, струмопровідна шина, коротке замикання, максимальне напруження, навантаження.

А. С. Кириченко. Электродинамическая устойчивость изоляторов и токопроводящих шин при коротком замыкании

В работе рассмотрены результаты исследования изоляторов и токопроводящих шин на электродинамическую устойчивость при коротком замыкании. Рассчитано максимальное напряжение в материале шин с прямоугольным поперечным сечением и нагрузка на изоляторы.

Ключевые слова: электродинамическая устойчивость, изолятор, токопроводящая шина, короткое замыкание, максимальное напряжение, нагрузка

ЗМІСТ

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

- A. Burkowska, T. Lunkina.** Banking system of Ukraine: the features of the present activity 3
- I.T. Кіщак, Н.О. Корнева, О.Є. Новіков.** Тваринництво України у світовому галузевому розвитку 10
- О.М. Вишневська, Т.П. Лісковецька.** Глобалізаційний вплив у формуванні критеріїв оцінки середовища держави 22
- О.І. Мельник.** Венчурне фінансування як фактор розвитку інноваційного підприємництва в аграрному секторі економіки 33
- I.B. Баришевська, А.Ю. Корабахіна.** Нормативно-правові та практичні аспекти формування та обліку статутного капіталу комерційних банків 41
- A.O. Соколова, Т.М. Ратошнюк.** Вплив трансформаційних процесів на результативність аграрного сектора економіки Волинської області..... 49
- I.B. Мельниченко.** Запаси бюджетних установ: окремі питання відображення в обліку 62
- A.B. Богославська.** Формування політики економічного розвитку заповідних територій і об'єктів природно-заповідного фонду..... 68
- B.P. Рибачук.** Інноваційна модель як інституційна основа ефективності і конкурентоспроможності економіки 77
- B.A. Пехов.** Сортові інновації у виробництві зерна сільськогосподарськими підприємствами..... 85

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ НАУКИ

- Г.М. Господаренко, І.Ю. Рассадіна.** Фотосинтетична діяльність рослин рижію ярого залежно від удобрення в Правобережному Лісостепу 93
- З.М. Грицаєнко, А.А. Даценко.** Фотосинтетична продуктивність посівів гречки за дії біологічних препаратів. 100
- P.A. Вожегова, Л.В. Мунтян.** Вплив різних доз азотного добрива та норм висіву на елементи структури врожаю сортів пшениці озимої..... 107

М.Я. Шевніков, О.Г. Міленко. Міжвидова конкуренція та забур'яненість посівів сої залежно від моделі агрофітоценозу	116
О.А. Самойленко. Вплив екотипу ячменю ярого на його урожайність в умовах Лівобережного Лісостепу України.....	124
С.В. Ображій. Урожайність культур за різних систем основного обробітку ґрунту та рівнів удобрення в зернопросапній сівозміні Центрального Лісостепу України	131
І.В. Чередниченко. Міцність водостійких структурних агрегатів чорнозему типового в умовах органічного землеробства.....	143
С.О. Кірієнко. Створення відновлювачів фертильності соняшнику, стійких до гербіциду експрес 75 в. г.	153
М.І. Гиль. Аналіз молочної продуктивності та ефекту відбору корів різних порід в умовах тов «Колос-2011» Миколаївської області....	159
У. Kiriyaк, М. Tyshchenko, I. Gorbatenko. Factors of global warming in Kherson region and features of eukaryotes' metabolism under these conditions.....	171
О.О. Стародубець. Вплив різних типів води на запліднюючу здатність сперми кнурів при її розбавленні	182
О.О. Корнієнко. Ефективність використання штучного осіменіння в рисистому конярстві України	188
ТЕХНІЧНІ НАУКИ	
Н. Ivanov, P. Polyanskiy. Calculation and choice of transitional landings	197
D. Marchenko. Tribological research on the process of wear of a friction pair «cable block – rope» considering rolling slippage.	211
О. Kyrychenko. Electrodinamic stability of isolators and bus bars in a short circuit	222
О.В. Хвоцян, А.В. Тундюк. Обґрунтування параметрів зарядного кола заглибних електророзрядних пристроїв.....	228
Д.В. Бабенко, О.А. Горбенко, Н.А. Доценко, Н.І. Кім. Дослідження якісного складу подрібненої маси насінників овоче-баштанних культур	236
В.В. Стрельцов. Математичне моделювання процесу стиснення м'ятки у олієвідокремлювачі шнекового типу ...	242