

5. **Авилов–Карнаухов В.Н., Зюбровский Л.Г.** Экономия электроэнергии на рудобогатительных фабриках. – М: Недра, 1987. - 159 с.
6. **Башлыков А.А.** Проектирования систем принятия решений в энергетике. - М.: Энергоатомиздат,
7. Методы классической и современной теории автоматического управления : Учебник в 5 - и тт.; 2 – е изд., перераб. и доп. Т.5: Методы современной теории автоматического управления /Под ред. **К. А. Пупкова, Н.Д. Егупова.** - М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. - 784 с.
8. **Андреев Е.Б.** Проектирование систем управления в SCADA - пакета in Touch. <http://www.oglibrary.ru/data/demo/9182/9182.htm>
9. Active and apparent energy metering IC with di/dt sensor interface. Preliminary technical data. - Analog Devices Inc., 2002. – 38с
10. PIC16F87* 28/40pin 8-bit CMOS flash Microcontrollers. Data Sheet DC 30292C. - Microchip Technology Inc., 2002 – 184с
11. PIC18FXX2. High performance, enhanced flash Microcontrollers with 10-bit A/D. Data Sheet DS 30564A. - Microchip Technology Inc., 2003 – 299 с.
12. **Муравьев В, Банасевич А.** Технологические решения в управление предприятием// Корпоративные системы, 2000. - №4. - С. 27-31.

Рукопись поступила в редакции 25.03.14

УДК 621.316.9: 622.271.33

А.В. ПИРОЖЕНКО, канд. техн. наук, Т.В. ПИРОЖЕНКО, наук. співроб.
НДІБПГ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ОСНОВА ОПОРЫ БЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІНВЕНТАРНИХ ВАНТАЖІВ ДЛЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ПЕРЕСУВНИХ ВНУТРІШНЬОКАР'ЄРНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Стан безпеки під час перевлаштування (спорудження) високовольтних пересувних внутрішньокар'єрних ліній електропередач визнаний як критичний через недостатню стійкість опор з металевими основами. Усі відомі рішення металевої основи пересувної опори потребують привантаження основи для забезпечення її стійкості. Привантаження не може гарантувати стійкість основи опори, оскільки в умовах відкритих гірничих робіт здійснюється породою. Наведено методику розрахунку металевої основи пересувної опори внутрішньокар'єрних високовольтних ліній електропередачі, яка забезпечує її стійкість без додаткового навантаження. Опори розраховувались на навантаження від власної ваги і вітрового навантаження на конструкцію, на навантаження від проводів повітряної лінії, а також на навантаження, які обумовлені прийнятим способом монтажу та від ваги монтера та монтажних приладів. Вказані розрахунки проводилися для кожного типу опор в нормальному, аварійному і монтажному режимах повітряної лінії при найбільш невідповідному з точки зору стійкості опори поєднанні кліматичних умов. Розрахунки стійкості опори проводилися в режимі найбільших навантажень, тому що тяжіння проводів в цьому режимі значно перевищує тяжіння проводів в режимі найнижчої температури без вітру. Аналіз схем розрахункових навантажень на опору від тяжіння проводів показує, що найбільш небезпечним режимом тяжіння проводів, з точки зору стійкості опори, є нормальний режим кутової проміжної опори при максимальному нормативному напорі вітру і температурі – 5°C.

Після визначення усіх складових розв'язувалося рівняння рівноваги опори відносно маси основи при необхідному коефіцієнті стійкості. У результаті проведених розрахунків встановлено, що мінімально необхідна маса основи опори для забезпечення її стійкості при довжині 3,6 м і ширині 3 м, складає 1300 кг. Розроблено конструкцію основи для будь-якого типу пересувних опор, яка не потребує при вантаженні.

Проблема та її зв'язок з практичними завданнями. Внутрішньокар'єрні високовольтні лінії електропередач, що живлять пересувні електроустановки, мають значну протяжність і достатньо розгалужені. Зазвичай протяжність пересувних внутрішньокар'єрних ліній в умовах Кривбасу складає більше 50 км для одного кар'єру, при цьому відстань між пересувними опорами (габаритний прогін) згідно з [1], не повинна перевищувати 50 м. Отже, кількість пересувних опор кар'єру може складати більше тисячі.

Стійкість пересувних опор на металевих основах повинна забезпечуватися привантаженням основи інвентарними залізобетонними вантажами масою 550 кг для проміжних та 1000 кг для кутових (кінцевих) опор і опор, які обмежують прогін спуску з уступу на уступ, згідно з п. 7.12 [1].

Привантаження основ опор є трудомісткою і нетехнологічною операцією, що в кілька разів збільшує час монтажу-демонтажу пересувних ЛЕП і, крім того, знижує безпеку робіт з перевлаштування або спорудження нових ліній електропередачі в кар'єрі. На практиці в

реальних умовах кар'єру привантаження основи опори здійснюється породою. Однак при цьому досить складно гарантувати її стійкість, оскільки маса привантаження буде залежати від фракції породи, її вологості і т. ін., що приводить до падіння опор під час їх демонтажу (монтажу) з самими негативними наслідками.

Отже, критичний стан безпеки під час перевлаштування (спорудження) ЛЕП в кар'єрі підтверджує необхідність якомога швидшого вирішення проблеми стійкості опор з металевими основами.

Аналіз досліджень та публікацій. Відомі типові конструкції металевих основ пересувних опор марки М5 [2] та М9 [3] проекта Гіпроруди, що експлуатуються в кар'єрах. Розміри першої основи складають 2,5×1,4 м при масі 745 кг, другої - 1,5×1,5 м при масі 700 кг. Подальші дослідження пересувних опор [4, 5] направлені на вдосконалення конструкцій їх основ з метою зменшення часу на монтаж-демонтаж пересувної лінії або конструкцій, що виконані на колісних парах [6,7] і таке ін. Отже, всі відомі рішення основи пересувної металевої опори потребують привантаження для забезпечення її стійкості.

Постановка завдання. Розроблення технологічної конструкції металевої основи для будь-якого типу опор (проміжна, кутова, кінцева) з достатніми розмірами та масою для забезпечення стійкості опори без застосування інвентарних вантажів.

Викладення матеріалу та результати. Навантаження і транспортування опор в кар'єрах здійснюється, як правило, опоровозами, максимальне захоплення яких складає 3 м, а максимальна вантажопідйомність - 2,5 т. Отже, максимально можлива ширина основи опори за умовами вантаження і транспортування складає 3 м, а загальна маса основи – не більше як 2,5 т.

Опори, згідно вимог [8], розраховувались на навантаження від власної ваги і вітрового навантаження на конструкцію, на навантаження від проводів повітряної лінії, а також на навантаження, які обумовлені прийнятим способом монтажу та від ваги монтера та монтажних приладів.

Причому, вказані розрахунки проводилися для кожного типу опор в нормальному, аварійному і монтажному режимах повітряної лінії при найбільш не вигідному з точки зору стійкості опори поєднанні кліматичних умов, які спостерігаються у Криворізькому басейні один раз на 10 років.

Максимальна напруга в проводах може мати місце або при найнижчій температурі повітря, або у режимі найбільших навантажень і температурі повітря - 5 °С [9].

Критерієм умови виникнення максимальної напруги проводів є величина критичного прогону, який визначається за формулою

$$l_{кр} = G_{макс} \sqrt{24\alpha(-5^\circ - t_{мін}) / \gamma_{макс}^2 - \gamma^2}, \quad (1)$$

де $G_{макс}$ - максимальна допустима напруга у матеріалі провода, кг/мм²; α - температурний коефіцієнт лінійного розширення матеріалу провода, град⁻¹; $\gamma_{макс}$ - максимальне приведені навантаження, кг/м-мм²; γ - приведені навантаження від власної маси провода, кг/м-мм²; $t_{мін}$ - мінімальна середньодобова температура повітря, С°.

Критичний прогін проводу А-35, при мінімальній середньодобовій температурі січня для Криворізького басейну - 20°С [10], обчислене за формулою (1), складає 41,2 м. Габаритний прогін для пересувних ЛЕП відкритих гірничих робіт складає 50 м.

Отже, оскільки габаритний прогін більше за критичний, розрахунки тяжіння проводів в режимі найнижчої температури без вітру не здійснюються, тому що тяжіння проводів буде більшим в режимі найбільших навантажень.

На рис. 1 наведено розрахункові навантаження пересувної опори з металевою основою та дерев'яною стійкою довжиною 9 м.

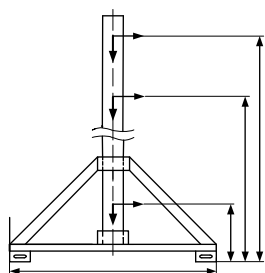


Рис. 1. Розрахункові навантаження пересувної опори

Стійкість опори в цілому визначається як відношення сумарного моменту утримуючого $M_{упр.}$ до сумарного моменту перекидаючого $M_{пер.}$ відносно ребра перекидання $H-H$.

При цьому відношення вказаних моментів (коефіцієнт стійкості) повинно бути не меншим за коефіцієнт перевантаження при вибраному найгіршому режимі тяжіння проводів, величина якого,

згідно [8], повинна бути не менше як 1,2.

Отже,

$$(M_{ymp} / M_{nep}) \geq K, \quad (2)$$

де K - коефіцієнт стійкості, $K_{\min}=1,2$.

Сумарний утримуючий момент, який діє на опору

$$M_{ymp} = (F_1 + F_3 + F_5) \cdot \frac{b}{2}, \quad (3)$$

де F_1 - маса проводів, кг; F_3 - маса дерев'яної опори і траверси, кг; F_5 - маса основи, кг; b - прийнята ширина основи опори, 3 м.

Сумарний перекидаючий момент, який діє на опору

$$M_{nep} = F_6 \cdot l_1 + F_2 \cdot l_2 + F_4 \cdot l_3, \quad (4)$$

де F_6 - тягіння проводів з урахуванням вітрового навантаження, кг; F_2 - вітрове навантаження, яке діє на опору, кг; F_4 - вітрове навантаження, яке діє на основу, кг; l_1, l_2, l_3 - результуючі точки прикладання до опори перекидаючого зусилля від тягіння проводів, вітрового навантаження, яке діє на опору, та вітрового навантаження, яке діє на основу, відповідно, м.

Для визначення величини тягіння проводів F_6 спочатку проводився розрахунок механічних навантажень на провід, після чого складалися схеми розрахункових навантажень на опору від тягіння проводів для усіх видів опор за умов, вказаних вище.

Аналіз схем розрахункових навантажень на опору від тягіння проводів показує, що найбільш небезпечним режимом тягіння проводів, з точки зору стійкості опори, є нормальний режим кутової проміжної опори при максимальному нормативному напорі вітру 50 кг/м^2 і температурі -5°C .

Після визначення усіх складових рівнянь (3) і (4) розв'язувалося рівняння рівноваги опори (2) відносно маси основи F_5 при мінімальному коефіцієнті стійкості.

У результаті проведених розрахунків встановлено, що мінімально необхідна маса основи опори для забезпечення її стійкості при довжині 3,6 м і ширині 3 м, складає 1300 кг.

Вказані параметри основи опори були прийняті за основу під час розробки проекту, узгодженого з Держгірпромнаглядом, за яким було виготовлено експериментальні зразки основи опори, що не потребують привантаження.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Розроблена конструкція металевої основи, яка забезпечує стійкість будь-якого типу пересувних опор без застосування інвентарних вантажів, що підтвердили її випробування в умовах ПАТ «Інгулецький ГЗК».

Подальші дослідження повинні бути направлені на конструктивне вдосконалення металевої основи пересувної опори, що не потребує привантаження, з метою підвищення її технологічності.

Список літератури

1. НПАОП 0.00-1.58-12 «Правила охорони праці під час експлуатації електроустановок та електромереж на відкритих гірничих роботах».
 2. Передвижные опоры линий электропередачи 6-35 кВ для карьеров. – Гипроруда, типовая серия 3.407.9-180.1.
 3. Передвижные опоры линий электропередачи 6-35 кВ для карьеров. – Гипроруда, типовая серия 3.407.9-180.4.
 4. Патент РФ № 2013107. Опора воздушной линии электропередачи. / **Н.С. Чурочкина, И.В. Смирнов**; опубл. 10.10.2013, бюл. № 7.
 5. Патент РФ № 7931012. Опора воздушной линии электропередачи. / **В.П. Дикий, А.Л. Ивановский, Н.М. Коробков** и др.; опубл. 20.06.2008, бюл. № 21.
 6. **Miriam P., Roger E.** Power line carrier channel application considerations for transmission line relaying/Pulsar Technologies. – 1997.05. – P. 1-51.
 7. А.с. 876936 СССР, МКИ Е04Н 12/04. Передвижная опора линии электропередачи/ **И.Н. Георгиев** //№ 4811604/33; заявл. 05.03.90, опубл. 23.07.92. Бюл. № 27.
 8. Правила устройства электроустановок, шестое издание. М., 1987.
 9. **Короткевич М.А.** Проектирование линий электропередачи. Механическая часть. – М.: Высшая школа, 2010. – 576 с.
 10. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. **Ю.Г. Барыбина** и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.
- Рукопис подано до редакції 25.02.14

КРИТЕРІЇ ОПТИМАЛЬНОСТІ ЗАДАЧІ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЬОК В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ ЯК ПІДСИСТЕМИ АСУ ВИШУ

Розглянуто критерії оптимальності задачі автоматизованого складання розкладу занять ВНЗ, відмінностями яких від існуючих є угруповання частинних критеріїв оптимальності для побудови двох узагальнених критеріїв оптимальності, відповідальними за ступінь врахування інтересів студентів та викладачів. Узагальнені критерії оптимальності вводяться як зважена адитивна згортка частинних критеріїв оптимальності. В узагальнений критерій врахування інтересів студентів входять чотири часткових критеріїв оптимальності: число "вікон" у розкладі навчальних груп, баланс навантаження в розкладі навчальних груп, виконання правил угруповання занять по дням тижню, виконання правил угруповання занять по порядку занять в один день. До складу критерію врахування інтересів викладачів входять наступні частинні критерії: число "вікон" у розкладі викладачів, виконання обмеження на максимальне число зайнятих днів у тиждень для викладачів, виконання обмеження на мінімальне число занять у довільний день тижня для викладачів, особисті побажання викладачів. Узагальнений критерій оптимальності розкладу викладачів враховує ступінь оптимальності індивідуального розкладу кожного викладача. Для кількісного порівняння та ранжування часткових критеріїв оптимальності вводиться числовий еквівалент ступеня важливості кожного часткового критерію оптимальності.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Серед характеристик, що можна вимірювати і контролювати, які визначають якість керування освітнім процесом, істотне положення займають показники якості управління ресурсами. Стосовно завантаження аудиторного фонду критерії якості мають об'єктивний характер і досить просто визначаються у кількісній мірі. З якістю використання професорсько-викладацького складу ситуація дещо складніша: кожен викладач має своє особисте уявлення до якості складеного для нього розкладу та якості розкладу студентів стосовно його дисципліни. Як відомо [1,2], розклад занять має досить суттєвий вплив на якість підготовки фахівців взагалі.

З метою керування освітнім процесом і виявлення прихованих факторів, що негативно на нього впливають, використовуються математичні моделі, в основі яких лежить апарат класичного регресійного аналізу. Опіраючись на ці моделі, будуються прогнози якості розкладу занять які використовуються в процесі складання розкладу, що дозволяє зменшити кількість варіантів розкладів при пошуку оптимального.

Аналіз досліджень і публікацій. Численні дослідження у галузі теорії розкладів доводять, що проблема створення оптимального розкладу за один цикл є дуже складною, оскільки не існує єдиного критерію оптимальності для розкладу занять [3-5]. Різні види інтегральних критеріїв оптимальності є компромісними і в більшості випадків вони вступають у протиріччя з локальними критеріями [6]. Задача складання оптимального розкладу розкладається на дві підзадачі: складання повного розкладу і вирішення всіх протиріч та оптимізація складеного розкладу. Задача складання оптимального навчального розкладу в загальному випадку характеризується великою розмірністю, тобто великим числом елементів у векторі невідомих, великою кількістю обмежень і критеріїв оптимальності. У роботах [3,6,7] обґрунтована необхідність декомпозиції цієї складної задачі на підзадачі. Існуючі способи складання навчального розкладу розрізняються кількістю, видом обмежень, що враховуються, і критеріїв оптимальності. До того ж часто ці завдання є NP - важкими [8], тому для їхнього вирішення застосовуються різноманітні підходи й методи.

Постановка завдання. У загальному випадку всі частинні критерії оптимальності розкладу занять можуть бути розбиті на дві групи, а задача пошуку оптимального розкладу може бути зведена до постановки задачі оптимізації із двома узагальненими критеріями оптимальності, відповідальними за ступінь врахування інтересів студентів і викладачів. Між частинними критеріями кожної із груп теж можливі конфлікти [9], наприклад, при максимальному врахуванні особистих побажань до розкладу одного викладача за рахунок часткового невиконання побажань інших викладачів. У роботі [10] відзначено, що подібні конфлікти варто враховувати при пошуку оптимальних рішень і ігнорування залежностей між частинними критеріями оптимальності в деяких випадках не дозволяє знайти оптимальне рішення. При цьому частинні критерії оптимальності можуть бути: *a* - незалежними; *b* - підтримувати один одного (поліпшення зна-