

on the equipotential contours method, which allows to consider the rural electric networks mode changing when new electrical energy sources are attached to them, optimize their structure in terms of the annual cost reduction, as well as to eliminate the subjectivity designer influence factor for decisions optimality.

Keywords: formalization, rural electric network, renewable energy, structure.

1. Prahovnik A.V. Malaya energetika: raspredelennaya generatsiya v sistemah elektrosnabzheniya [Text] / A.V. Prahovnik – K.: Osvita Ukraini, 2007. – 464 p., il.
2. Prahovnik A.V. Perspektivy i puti razvitiya raspredelennoy generatsii v Ukraine / A.V. Prahovnik, V.A. Popov, E.S. Yarmolyuk, M.T. Kokorina // Energetika: ekonomika, tehnologiyi, ekologiya / Nauchn. zhurnal. – K.: NTUU «KPI», 2012. - №2. pp.7-14.
- 3 A. Zabolotnyi Pobudova strukturi merezh elektropostachannya spozhivachiv APK, scho mistyat dzherela «maloyi generatsiyi»/ A. Zabolotnyi, D. Fedosha, Y. Daus // visnik HNTUSG Im. Petra Vasilenka. Tehnichni nauki «Problemi energozabezpechennya ta energozberezhennya v APK Ukraini – 2011. – Issue. 116. – p.20-21.
4. Rozvitok metodu ekvipotentnykh konturiv dlya proektuvannya rozpodilchoyi merezhi / I. Avdeev, A. Zabolotnyi, D. Fedosha, S. Telipaylo, V. Mambayeva // Visnik natsionalnogo universitetu "Ivivska politehnika". Tematichniy vipusk "Elektroenergetichni ta elektromehanični sistemi" – 2009. – № 637 – p. 3-7.
5. Kachan Yu.G. O vozmozhnosti raspoznavaniya topologi optimalnoy sistemyi elektrosnabzheniya / Yu.G. Kachan, V.V. Dyachenko. // Girnicha elektromehanika ta avtomatika – 2007. - № 78. – p.3-5.
6. Pobudova strukturi merezh elektropostachannya pidpriemstv APK, yaki mistyat vitroenergetichni ustanovki / A. Zabolotnyi, D. Fedosha, Y. Daus, D. Danilchenko // Visnik TDATU «Problemi energozabezpechennya ta energozberezhennya v APK Ukraini». – 2012. – Issue 7. – p.37-41.

В.П. Метельский, канд. техн. наук, професор

А.П. Заболотный, канд. техн. наук, доцент

В.В. Дьяченко, канд. техн. наук, доцент, **Ю.В. Даус**

Запорізький національний технічний університет

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ СІЛЬСЬКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ, ЯКІ МІСТЯТЬ РОЗПОДІЛЕНУ ГЕНЕРАЦІЮ

Запропоновано підхід до формалізації процесу формування структури сільської електричної мережі при її проектуванні та модернізації в умовах присутності в ній поновлюваних джерел електричної енергії, в основі якого лежить метод еквіпотенціальних контурів, що дозволяє врахувати зміну режиму роботи сільських електричних мереж при підключенні нових джерел електричної енергії, оптимізувати їх структуру з точки зору зниження річних приведених витрат, а також виключити вплив фактора суб'єктивізму проектувальника на оптимальність прийнятих рішень.

Ключові слова: формалізація, сільські електричні мережі, поновлювані джерела енергії, структура.

УДК 621.311

В.В. Кирик, д-р техн. наук, професор, **Р.В. Нагорний**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ГЕОМАГНІТНИХ ІНДУКЦІЙНИХ СТРУМІВ В МАГІСТРАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ 750 КВ

В роботі виконано розрахунок розподілу геомагнітних індукційних струмів в магістральних електричних мережах 750 кВ. В середовищі Matlab/Simulink створено програмний комплекс, який дозволяє оперативно проводити комутацію обладнання електричної мережі з відображенням значень розподілу геомагнітних індукційних струмів в GoogleEarth по підстанціях. Показано, що розподіл геомагнітних індукційних струмів в мережі залежить від напрямку геоелектричного поля. За результатами моделювання представлено картину розподілу максимальних значень струмів по мережі та встановлено підстанції, які під час геомагнітних бур можна вважати потенційно вразливими.

Ключові слова: геомагнітні індукційні струми (ГІС), графічний інтерфейс користувача, Matlab/Simulink, GoogleEarth.

Вступ.

Геоманітні індукційні струми (ГІС), викликані геоманітними збуреннями, характеризуються малою частотою порядку $0,1 - 0,001$ Гц в порівнянні з основною частотою мережі, тобто їх можна вважати квазіпостійними. Це дозволяє моделювати протікання ГІС в лініях електропередач на основі моделі, яка представлена тільки активними опорами мережі [1,2].

Мета роботи.

Дослідити розподіл геоманітних індукційних струмів в мережі 750 кВ Україні.

Матеріали та результати дослідження.

З метою оцінки впливу ГІС на мережу 750 кВ в середовищі Matlab розроблено програмний комплекс (графічний інтерфейс користувача, рис. 1), який дозволяє оцінити значення струмів ГІС, що протікають в мережі, а результати розрахунку відображати в середовищі GoogleEarth.

Графічному інтерфейсу відповідає однолінійна схема в середовищі Simulink, з якою встановлюється односторонній зв'язок між положенням елемента radiobutton та положеннями вимикачів обладнання. Також у вікні передбачено кнопки «Розрахувати», «Переглянути в GoogleEarth» та поля для введення параметрів напруги геоелектричного поля E , В/км та кута взаємного розташування вектора цього поля щодо напрямку на північ, α° .

При натисканні кнопки «Переглянути в GoogleEarth» запускається програма Google Earth (має бути задалегідь встановлена [<http://www.google.com/intl/uk/earth/index.html>]) в якій відкривається файл з розширенням *.kml, де збережені результати розрахунків та інформація про взаємне розташування ЛЕП та підстанцій. При цьому існує можливість в середовищі GoogleEarth відобразити протікання як сумарного значення ГІС по всьому обладнанню, приєднаного до однієї фази кожної підстанції, так і максимальний ГІС через обладнання (зазвичай автотрансформатор) певної підстанції.

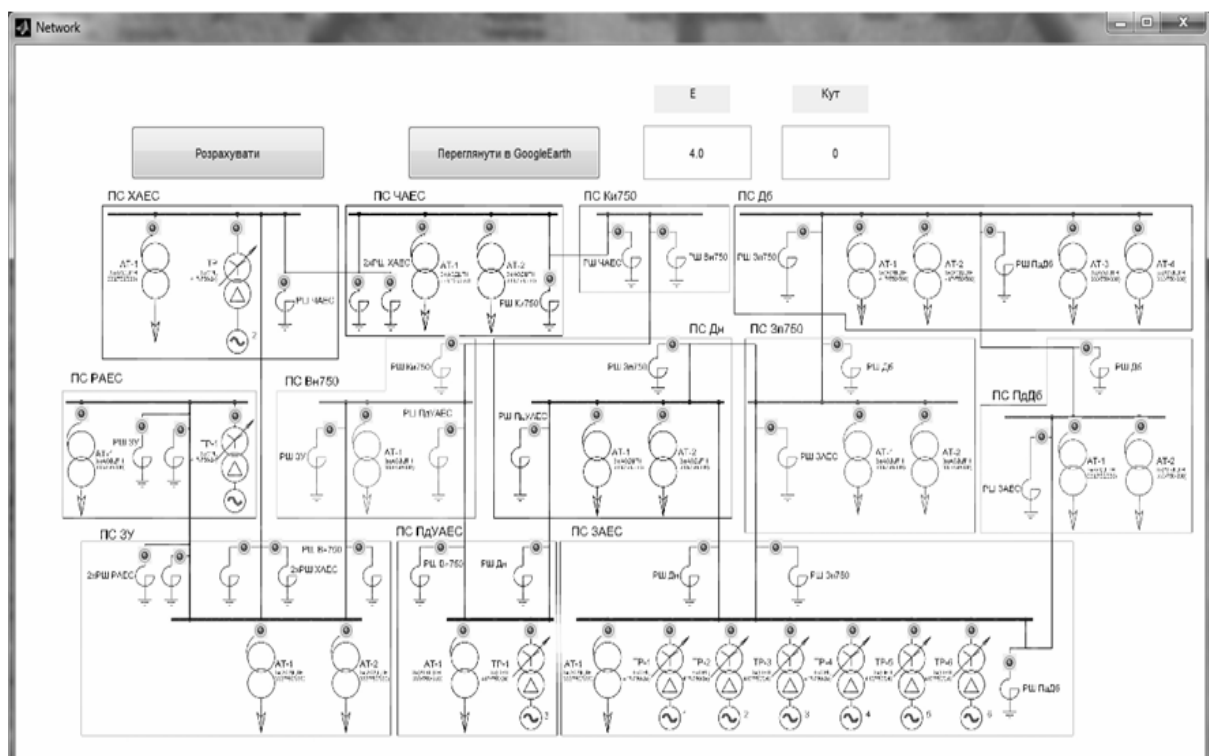


Рис.1. Зовнішній вигляд графічного інтерфейсу користувача

З метою оптимізації робочого простору середовища Simulink, мережі 750 кВ були представлені відповідними однолінійними підсистемами високовольтних ліній зв'язку та підстанцій (рис.2).

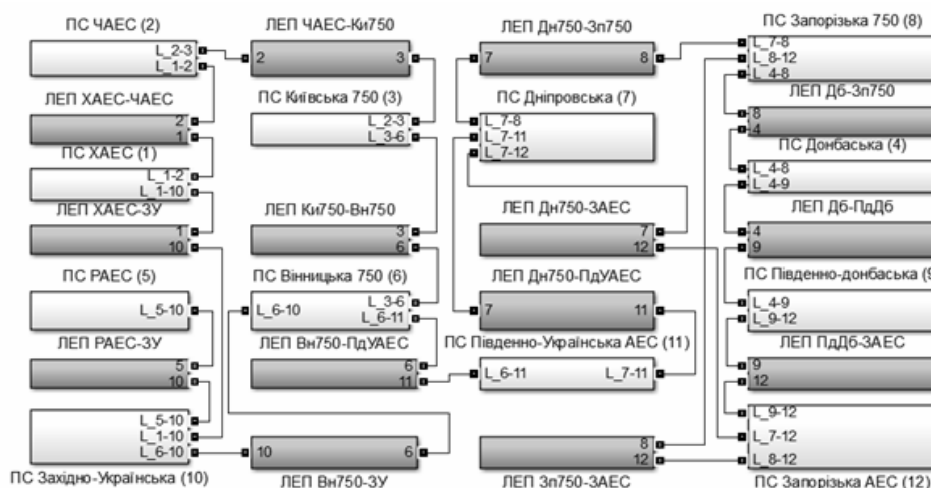


Рис.2. Структурна модель магістральних мереж 750 кВ ОЕС України

Кожна підсистема представляє собою однолінійну схему заміщення для постійного струму. Значення активних опорів автотрансформаторів та трансформаторів визначені з паспортних даних дослідів короткого замикання. Оскільки струм ПС при протіканні в ЛЕП розподіляється рівномірно по трьом фазам (рис.3), а падіння напруги на опори заземлення визначається сумарним (3-ри кратним) струмом ПС, опір заземлюючих пристроїв по мережі був прийнятий однаковим і складав 3 Ом. Для всієї мережі був прийнятий єдиний тип шунтуючого реактора, а саме РОДЦ-110000/750 кВ з активним опором протіканню постійного струму 6 Ом.

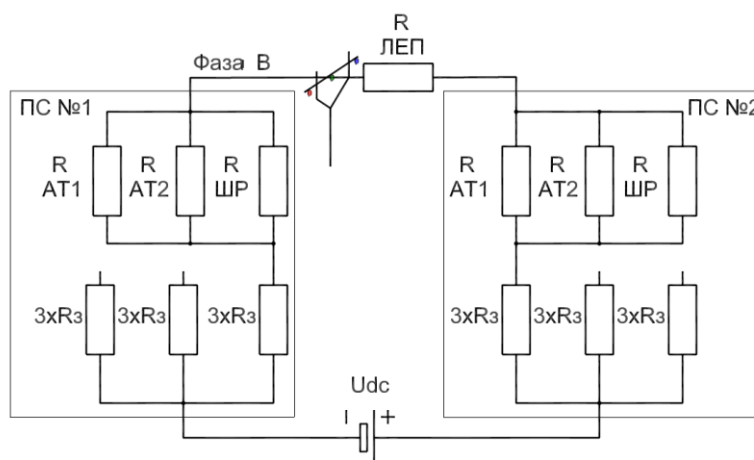


Рис.3. Однолінійна схема заміщення лінії електропередач та підстанцій

Кожна підсистема лінії електропередач, для прикладу, що поєднують ПС “Хмельницька АЕС” та ПС “Західно-Українська”, окрім активних елементів, включає також джерело індукованої напруги (DC ЛЕП) (рис.4) значення якої розраховується за формулою:

$$V_{dc} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

$$V_{dc} = |\vec{E}| \cdot |\vec{r}| \cdot \cos(\varphi),$$

де $|\vec{E}|$ – модуль вектора геоелектричного поля, В/км; $|\vec{r}|$ – модуль радіус-вектора, що сполучає дві підстанції, км; φ – кут між векторами \vec{E} та \vec{r} .

Для прикладу ПС “Хмельницька АЕС”, як підсистема в середовищі Simulink, включає однофазний автотрансформатор АОДЦТН-333000/750/330, однофазний блочний трансформатор ОРЦ-417000/750/24 та шунтуючий реактор РОДЦ-110000/750 (рис.5).

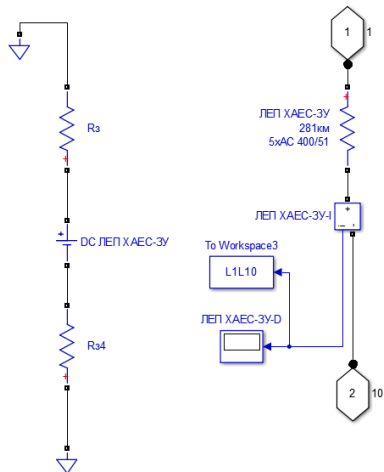


Рис.4. Представлення лінії електропередач ПС «Хмельницька АЕС» - ПС «Західно-Українська» підсистемою середовища Matlab

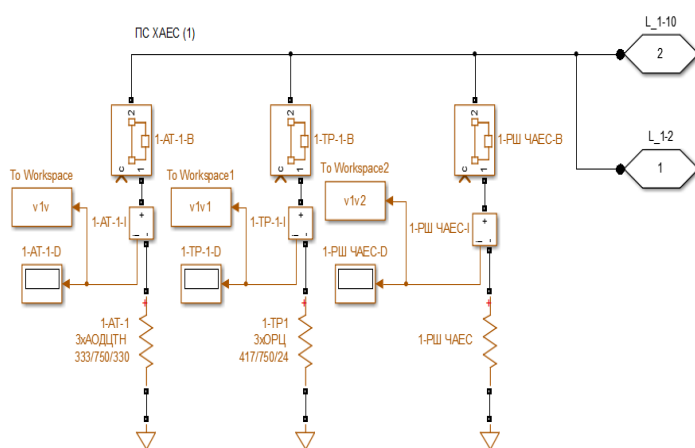


Рис.5. Представлення обладнання ПС «Хмельницька АЕС» середовища Matlab

В якості основних величин для порівняння прийнято сумарний струм ГІС, який стікає/витікає з підстанції по одній фазі, а також найбільший струм ГІС, який протікає через обмотки автотрансформатора (трансформатора) певної підстанції. Прийнято, що до мережі приєднані всі однофазні реактори, трансформатори та автотрансформатори.

Розподіл струмів ГІС в мережі 750 кВ при значенні вектора геоелектричного поля в $U=4$ В/км, який направлений на північ та схід, приведений на рис.6, рис.7 та рис.8, рис.9, відповідно. Круг білого кольору показує, що струм ГІС стікає з підстанції в Землю, сірого – витікає через заземлені обмотки обладнання в ЛЕП.



Рис.6 Розподіл максимальних значень ГІС за $U=4$ В/км (напрямок на Північ)

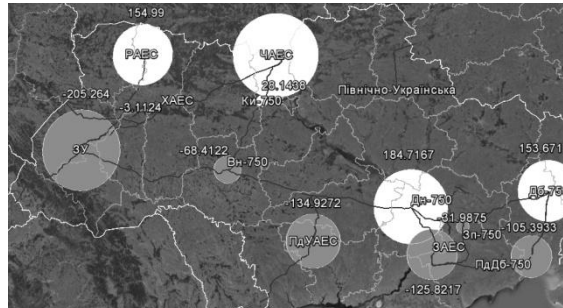


Рис.7 Розподіл сумарних значень ГІС/фазу за $U=4$ В/км (напрямок на Північ)



Рис.8 Розподіл максимальних значень ГІС за $U=4$ В/км (напрямок на Схід)

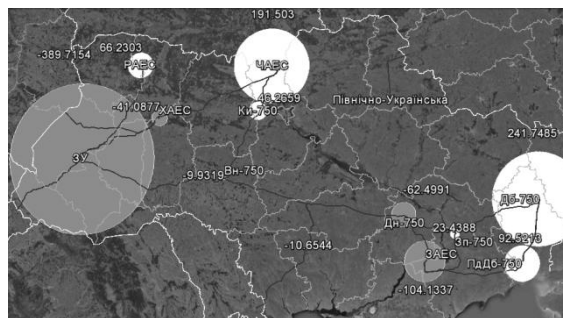


Рис.9 Розподіл сумарних значень ГІС/фазу за $U=4$ В/км (напрямок на Схід)

Висновки.

Аналіз отриманих даних показує, що для обох напрямків геоелектричного поля, розподіл струмів, що стікають/витікають з підстанцій повністю повторюють картину розподілу максимальних значень струмів для силових автотрансформаторів (трансформаторів), які встановлені на цих підстанціях, окрім Донбаської, для якої при східному напрямку геоелектричного поля за рахунок великої кількості встановленого обладнання (4 АТ/фазу та 2 ШП/фазу) максимальне значення ГІС значно зменшується. З точки зору надійності роботи магістральних електричних мереж до таких підстанцій як «Чорнобильська», «Західно-Українська», «Рівненська», «Донбаська» та «Дніпровська» має бути прикута особлива увага під час дії магнітних бур на Землі.

Список літератури.

1. Jon Berge, Rajiv K. Varma. A software simulator for geomagnetically induced currents in electrical power systems// Electrical and Computer Engineering, 2009. CCECE '09.Canadian Conference on.– 2009.– С. 695-700;
2. Вахнина В. В., Кузнецов В.А., КретовД.А., Козуб А.А. Расчет геоиндуцированных токов в высоковольтных линиях электропередач систем электроснабжения при геомагнитных бурях//Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2.

V.V.Kyryk; R.V. Nahornyi

**National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»
INVESTIGATION OF THE DISTRIBUTION OF GEOMAGNETICALLY INDUCED CURRENTS
IN THE 750 KV MAIN POWER GRIDS**

This paper investigates the distribution of geomagnetically induced currents in the 750 kV main power grids. In the environment of Matlab/Simulink software was created that allows quickly to perform electrical network equipment on /off switching with visualization of the distribution of geomagnetically induced currents in GoogleEarth. It was shown that the distribution of geomagnetically induced currents in the network depends on the direction of geoelectrical field. According to the simulation results the distribution pattern of maximum currents through the network were obtained and some substations were determined which can be considered potentially vulnerable during geomagnetic storms.

Keywords: geomagnetically induced currents (GIC), a graphical user interface, Matlab / Simulink, GoogleEarth.

1. Jon Berge, Rajiv K. Varma. A software simulator for geomagnetically induced currents in electrical power systems// Electrical and Computer Engineering, 2009. CCECE '09.Canadian Conference on. – 2009.– С. 695-700;
2. Vakhnina V. V., KuznetsovV.A., KretovD.A., KozubA.A. Calculation of geo induced currents in high-voltage power lines of electricity supply systems at geomagnetic storms // Sovremennyye problem nauki i obrazovaniya. – 2013. – № 2.

УДК 621.311

В.В.Кирик, д-р техн. наук, профессор; Р.В. Нагорный

**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ ТОКОВ В
МАГИСТРАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 750КВ**

В работе выполнен расчет распределения геомагнитных индукционных токов в магистральных электрических сетях 750 кВ. В среде Matlab /Simulink создан программный комплекс, который позволяет оперативно проводить коммутацию оборудования электрической сети с отображением значений распределения геомагнитных индукционных токов в GoogleEarth по подстанциям. Показано, что распределение геомагнитных индукционных токов в сети зависит от направления геоэлектрического поля. По результатам моделирования представлено картину распределения максимальных значений токов по сети и установлены подстанции, которые во время геомагнитных бурь можно считать потенциально уязвимыми

Ключевые слова: геомагнитные индукционные токи (ГИС), графический интерфейс пользователя, Matlab/Simulink, GoogleEarth.