

Том 11

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

УДК 621.316

Луценко І.М., к.т.н., доцент кафедри систем електропостачання,
 Кошеленко Є.В., асистент кафедри систем електропостачання,
 Циган П.С., магістр, лаборант кафедри систем електропостачання.

(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпро, Україна)

ВПРОВАДЖЕННЯ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ В РОЗПОДІЛЬЧИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ 6-10 кВ

Актуальність роботи полягає у проблемах сучасного релейного захисту (РЗ) щодо використання складних мультифункціональних пристроїв, які мають високу вартість та побудовані на основі вимог до вже існуючих типів захисту. У мережах з можливістю двостороннього живлення споживачів (наприклад, міські електричні мережі 6-10 кВ) важливим є напрямок перетікання потужності, саме від цього залежить селективність захисту. Використання направленої захисту вирішує питання автоматичного переналаштування системи РЗ у післяаварійному режимі роботи мережі. Областю реалізації направленої захисту можуть бути мережі 6-10 кВ з ТП-6(10)/0,4 кВ, адже зміна їх конфігурації у післяаварійному режимі призводить до неселективної роботи пристроїв РЗ, що потребує відповідної зміни введених уставок. У сучасних пристроях релейного захисту (терміналах), не завжди передбачено органи напрямку потужності, а струмових вимірювальних кіл недостатньо для визначення зміни кута між струмом та напругою.

Альтернативою традиційному та сучасному мікропроцесорному релейному захисту є використання індукційних та електромагнітних реле струму, напруги та напрямку потужності у комбінації з мікроелектронною базою.

Перевагою даних схемних рішень є:

- простота обслуговування електромагнітних та індукційних реле;
- використання кіл постійного оперативного струму низької напруги та малої потужності, таких як літійові акумулятори.

Перевагами такого роду систем є:

- а) зменшення комутаційних навантажень на контакти реле, що сприятиме збільшенню терміну їх експлуатації;
- б) зменшення потужності джерел оперативного струму (використання літійових акумуляторів) та зменшення вартості в утриманні релейного захисту;
- в) зменшення масо-габаритних параметрів логічного блоку релейного захисту;
- г) забезпечення протиаварійної автоматики (АВР).

При побудові алгоритмів роботи РЗА необхідно врахувати властивості ділянки електричної мережі та особливості можливих режимів роботи (нормального та післяаварійного). В залежності від конструктивного виконання розподільчих пристроїв, характеру споживачів електричної енергії, окрім основного захисту, такого як МСЗ (максимальний струмовий захист) та СВ (струмова відсічка), необхідно враховувати використання додаткового захисту, такого як ЛЗШ (логічний захист шин) або ДЗШ (дуговий захист шин) при наявності системи або секції шин, які в свою чергу можуть мати направлений характер дії. Використання автоматики в електричних мережах для скорочення часу резервування споживачів та зменшення недовідпуску електричної енергії. Для реалізації запропонованого варіанту схеми АВР необхідно використовувати в якості вимірювального органу реле напруги, уставка спрацьовування якого складає 0,6Uном.

За рахунок фотоелектричних індикаторів напруги, які побудовані на основі ємнісного дільника напруги та світлодіода, сигнал передається на логічні елементи за допомогою оптичного каналу, які в свою чергу дозволяють або забороняють вмикання

другого вводу в залежності від наявності наруги. Якщо при резервуванні зміниться напрямок перетікання потужності, реле напрямку потужності реверсується й замикає інший контакт, що змінить положення бістабільного асинхронного RS-тригера (див. рис. 1), тим самим змінивши уставку релейного захисту за струмом та часом спрацювання (забезпечення селективності захисту). Попередня фіксація уставки спрацювання захисту є необхідним заходом для забезпечення надійності роботи та селективності релейного захисту. Це пов'язано з виникненням сліпих зон направленої захисту, оскільки для забезпечення нормальної роботи реле потужності необхідним є створення двох магнітних потоків за рахунок струмової обмотки та обмотки напруги. При ввімкненні реле потужності за «90-градусною» схемою, при близьких коротких замиканнях, напруга в точці мережі наближається до нуля, а струм короткого замикання обмежується лише значенням опорів елементів схеми. В результаті цього реле потужності втрачає обертовий момент, що призводить до розмикання його контактів (сліпа зона реле потужності).

З метою забезпечення додаткового захисту такого як ЛЗШ (логічний захист шин), до контактів електромагнітних реле струму треба додати додаткову логічну схему (див. рис. 2).

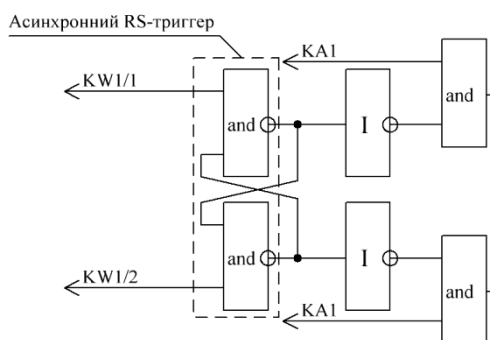


Рисунок 1 – Використання логічних елементів у якості реле фіксації команди на зміну уставок

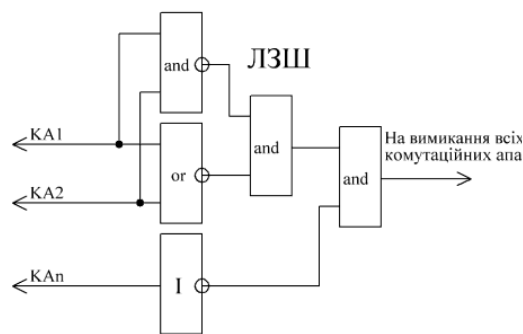


Рисунок 2 – Реалізація ЛЗШ на логічних елементах

Висновки. При комбінації малопотужних мікроелектронних компонентів та електромеханічних реле можливо збільшити строк експлуатації пристроїв релейного захисту. Мікроелектронна база дозволяє використовувати малопотужні джерела оперативного струму, що робить дешевшим утримання пристроїв РЗ і А, а за рахунок зменшення масо-габаритних розмірів дозволяє розмістити пристрої захисту та джерела оперативного струму у міських ТП.

Перелік посилань

1. Соловьев А.Л., Шабад М.А. Релейная защита городских электрических сетей 6 и 10 кВ// Учебное пособие – 2007. – 178 с.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения // Учебник для студентов высших учебных заведений. – 2006. – 639 с.

УДК 621.317

Замкова О. А. студентка гр. 141-16-2

Науковий керівник: Дрешпак Н. С., к. т. н., доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій

(Державний ВНЗ “Національний гірничий університет”, м. Дніпро, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ, СТВОРЕНОГО ЛІНІЙНИМ СТРУМОМ

Як відомо, магнітні поля негативно впливають не тільки на живі організми, але і на електротехнічні пристрої (лінії зв'язку, пристрої автоматики, телемеханіки). Тому розрахунок магнітних полів навколо різного роду ліній електропередач є важливою практичною задачею.

В роботі розглядається мідний провід круглого перетину, розташований в повітрі паралельно сталевій плиті (рис. 1).



Рисунок 1- Схема електричного провoda, розміщеного біля сталевій маси

Предметом дослідження є визначення характеристик магнітного поля, створеного лінійним струмом, а саме:

- напруженості поля H_a в контрольній точці a ;
- розподілу напруженості поля в повітрі навколо провідника зі струмом.

Для розрахунку параметрів магнітного поля використовувався метод закону повного струму, метод накладання, метод дзеркальних відображень.

Метод дзеркальних відображень полягає в тому, що вводять фіктивний струм I_2 . Провід з фіктивним струмом I_2 розміщують дзеркально щодо площини розділу середовищ до провoda з заданим струмом I_1 . Поле у верхній півплощині визначається від двох струмів: від заданого I_1 та від фіктивного I_2 , причому як верхню, так і нижню півплощини при цьому заповнює середовище з магнітною проникністю $\mu = \mu_0$ (рис. 2).

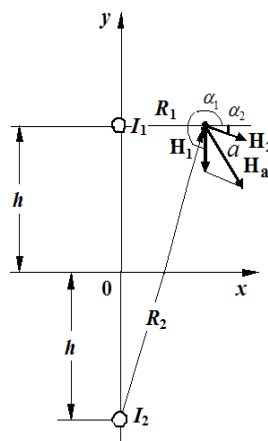


Рисунок 2 - Для визначення поля у верхній півплощині

Фіктивні струми визначаються за формулами, виведеними з аналізу граничних умов на площині розділу середовищ:

$$I_2 = I_1 \frac{\mu_2 - \mu_0}{\mu_0 + \mu_2} \quad (1)$$

Для визначення напруженості поля в точці m , розташованій в тій же півплощині (в повітрі), що і струм I_1 (рис. 2), необхідно скласти вектори напруженостей H_1 та H_2 :

$$\vec{H}_m = \vec{H}_1 + \vec{H}_2$$

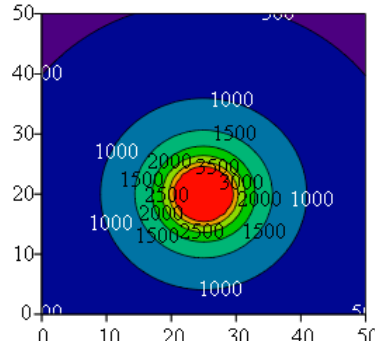
Завдання визначення напруженості поля в різних точках повітря, на підставі вище наведеного виразу (1), може бути вирішено, якщо координати точок будуть задані в декартовій системі координат, а для векторів використана комплексна форма. Згідно із законом повного струму модулі напруженостей H_1 та H_2 :

$$H_1 = \frac{I_1}{2 \pi R_1}, H_2 = \frac{I_2}{2 \pi R_2}$$

Розрахунки виконувались у програмі MathCAD.

За результатами розрахунків був побудований графік розподілу силових ліній напруженості магнітного поля в повітрі навколо провідника. На рис. 3 представлена картина поля навколо провідника, яка показує, що :

- 1) силові лінії магнітного поля являють собою концентричні окружності;
- 2) по мірі віддалення від провідника напруженість магнітного поля зменшується.



М

Рисунок 3 - Графік ліній рівня напруженості

Перелік посилань

1. Демирчян, К. С. Теоретические основы электротехники. Т 3. [Текст]: Учебн. пособ./ К.С. Демирчян, Л. Р. Нейман, Н. В. Коровкин, В. Л. Чечурин. – П.:2003.-с.72-75, 193-194.

2. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. [Текст]: Учебн. пособ./Л.А. Бессонов. – М.: Гардарики, 2002. – 638 с.

УДК 621.316

А.В. Черненко студент**Научный руководитель: Выпанасенко С.И., д.т.н., профессор кафедры систем электроснабжения***(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепр, Украина)*

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Постоянный рост тарифов на электроэнергию и ужесточение требований законодательства по энергосбережению не оставляют потребителям иного выхода, кроме поиска радикальных мер по реальному сокращению энергопотребления. Как и сколько ни назначай ответственных за выключение света на предприятии, а он продолжает гореть там, где не должен! С включением проще - это естественная потребность: человеку нужен свет и он его обязательно включит. А кто отключит? О естественной потребности говорить не приходится. Светло ведь, можно не заметить. Следует отметить, не важно, какая лампа горит: прожорливая «сотка» или энергосберегающая в 20 Вт, в любом случае это называется расточительным использованием электроэнергии.

Для экономии электроэнергии, необходимой для освещения помещений организаций, требуется разработка эффективной системы управления при минимальном участии человека в процессе ее работы. Система должна обеспечивать максимальную энергоэффективность при соблюдении установленных норм уровня освещенности.

Задача любого работодателя – обеспечить сотрудников комфортными рабочими местами, как правило, на не комфортном рабочем месте (минимальная освещенность, неудобное кресло, повышенная температура и т.д.) сотрудник работает неохотно и его работоспособность значительно меньше. Естественно, помимо удобной мебели — эргономичное кресло, функциональный стол, качественная техника — одним из наиболее важных в плане комфорта параметров является грамотно спланированное освещение в офисном помещении. От «правильного» освещения в офисе напрямую зависит эффективность работающих в нем людей.

Учет естественной освещенности в помещениях со светопроемами обеспечивает заметное снижение потребления электроэнергии на освещение, зависящее от светоклиматического района и параметров световых проемов. На рисунке 1 приведен пример суточного цикла уровня естественной освещенности помещения в весенне-летний период с 6 часов утра до 22 часов.

Колоколообразная кривая соответствует естественному освещению при идеальных условиях (отсутствие облачности, хорошие погодные условия). Согласно графику, с 9 до 17 часов (зона В) нет необходимости в искусственном освещении. С 7 до 9 часов и с 17 до 21 часа естественного освещения недостаточно (зоны А), необходимо дополнить его искусственным (области с вертикальной штриховкой), но нет необходимости включать освещение на полную мощность.

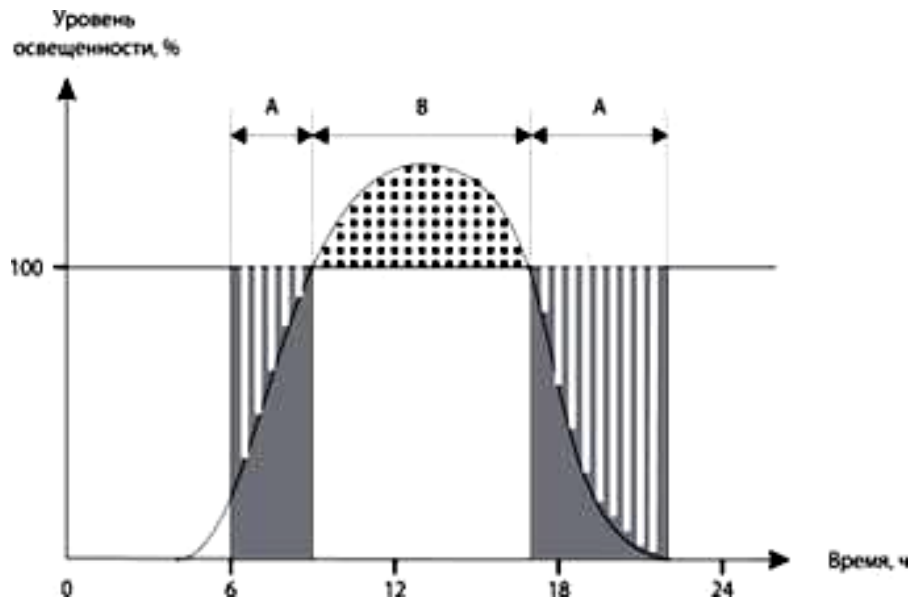


Рис. 1. Суточный цикл естественной освещенности помещения

Для того, чтобы обеспечить оптимальное управление освещением с учетом конкретных условий работы для каждого рабочего места или группы рабочих мест, необходимо обеспечить несколько критериев, по которым система управления будет распознавать присутствие сотрудника на рабочем месте и считывать текущую освещенность, получая актуальную информацию для управления искусственным освещением.

Представленные на рынке системы автоматизированного управления освещением позволяют осуществлять плавную регулировку светового потока нескольких групп светильников по сигналам от одного или нескольких фотодатчиков. Имеются системы, использующие единственный фотодатчик, предназначенный для измерения яркости окна в помещении, по сигналу которого осуществляется управление светильниками в зависимости от естественного света. При этом регулировка осуществляется дискретно, по предварительно заданным пороговым значениям естественной освещенности и соответствующей степени использования осветительных установок.

Понятно, что экономическим результатом автоматизации освещения должно стать снижение затрат на оплату потребляемой электроэнергии и расходов на приобретение источников света (ламп), а эффективность мероприятий будет оцениваться по соотношению полученной экономии и затрат на внедрение автоматизации, выраженному через срок окупаемости. Приводимые в рекламе, статьях и докладах данные по экономии очень сильно расходятся как между собой, так и с данными, полученными в реальных проектах. При этом нельзя сказать, что в этих публикациях результаты недостоверны или недостижимы.

Дело в том, что на величину ожидаемой экономии электроэнергии влияет множество факторов, например, мощность и количество источников света, численность сотрудников на предприятии (интенсивность движения людей) и др. Сочетаний этих факторов много, а некоторые из них учесть с приемлемой точностью весьма проблематично.

Однако задача расчёта экономии упрощается, когда вопрос касается конкретного здания и помещений в нём. Тогда она сводится к определению времени включения (горения) ламп в течение суток в помещении при отсутствии в нём людей. Зная это время и мощность ламп, легко вычислить фактическое электропотребление и выделить помещения, в которых следует автоматизировать управление освещением.

Таким образом основным критерием показателя эффективности автоматизации системы освещения является объединение двух событий: освещенности офисного помещения и наличия в нем сотрудника. Только одновременный учет этих двух факторов позволит получить не только наибольшую экономию денежных средств при внедрении системы автоматизированного освещения, но и обеспечить сотрудников предприятия комфортным уровнем освещения рабочего места.

Литература

1. http://proekt.by/elektrotehnika-b2.0/avtomatizaciya_vnutrennego_osvesheniya_zhilih_i_obshestvennih_zdaniiy_effekt43357.0.html
2. <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=14107>
3. <http://beg-russia.ru/blog/2016/07/29/office-lighting/>

УДК 621.317

Голубицький М.А. студент гр. 141-16-1

Науковий керівник: Дрешпак Н.С., к.т.н., доцент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпро, Україна)

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ В ПРОВІДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

При короткому замиканні проводів ЛЕП по опорі буде протікати струм короткого замикання I_k . Проходячи в заземлювач, він витікає з нього, та розтікається в землі та на її поверхні утворюючи електричне поле. Нам відома питома провідність ґрунту γ , а основа опори являє собою напівкульовий електрод радіуса $a=R$.

В роботі необхідно визначити зону, небезпечну для перебування людини у випадку короткого замикання проводів високовольтної лінії електропередачі (ЛЕП).

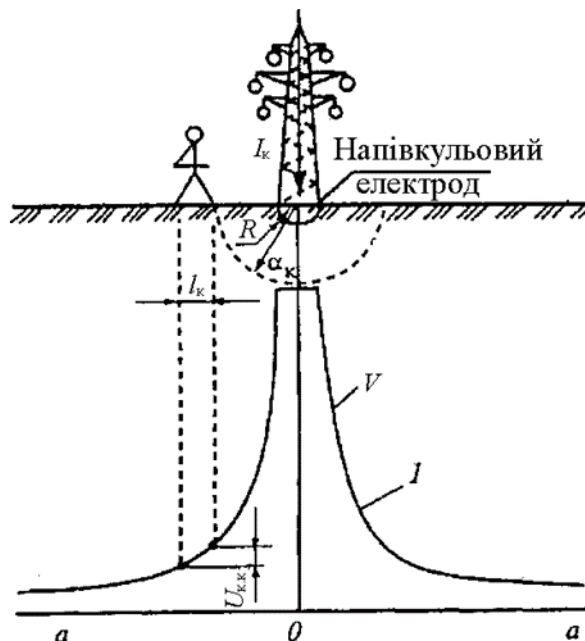


Рис. 1- Опора ЛЕП з напівкульовим електродом

Для цього визначимо характеристики електричного поля в землі та на її поверхні, а саме :

- напруженість електричного поля E на поверхні півсфери довільного радіуса;
- щільність струму J_n на довільній відстані a_n від центру електрода;
- значення потенціалів V в точках на поверхні землі на деякій відстані від центру електрода;
- крокову напругу U_k на відстані a_n від центру електрода приймаючи середню довжину кроку $l_k = 0.8$ м;

Вихідні дані :

$$\begin{array}{llll} \gamma := 1 \cdot \frac{\text{siemens}}{\text{m}} & I_k := 1050 \cdot \text{A} & U_{kk} := 150 \cdot \text{V} & l_k := 0.8 \cdot \text{m} \\ a_1 := 50 \cdot \text{cm} & a_2 := 200 \cdot \text{cm} & a_3 := 450 \cdot \text{cm} & a_4 := 950 \cdot \text{cm} & R := 35 \cdot \text{cm} \end{array}$$

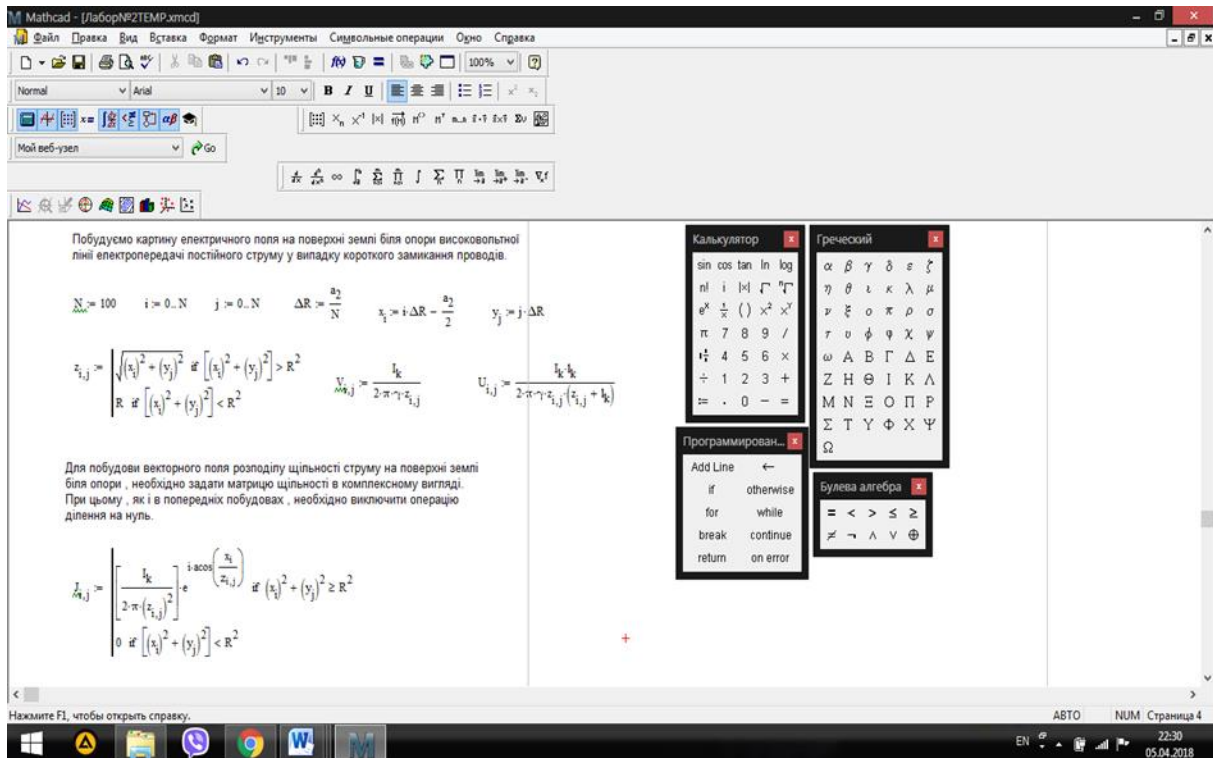
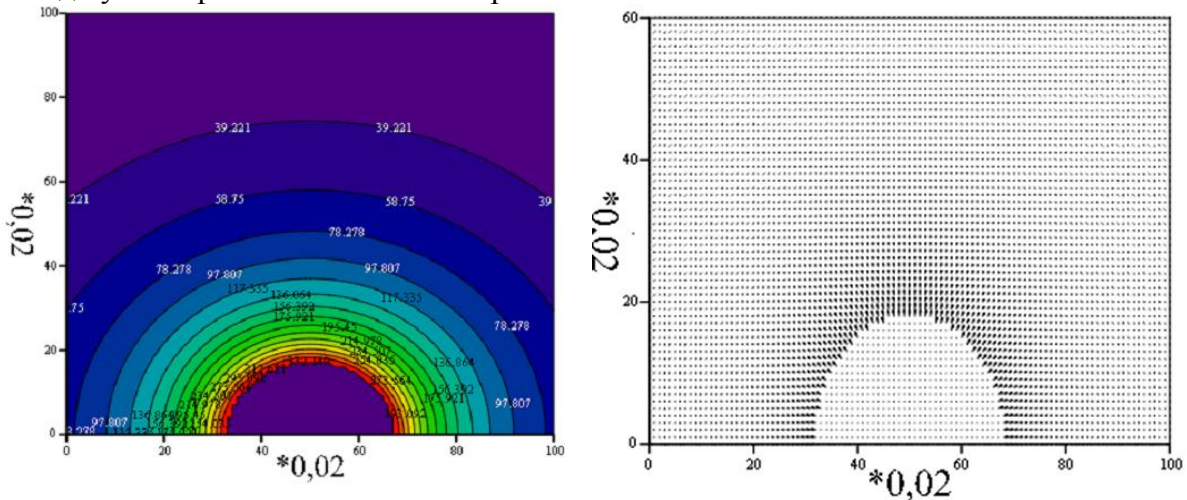


Рисунок 2- Фрагмент програми для розрахунку, виконаний в системі MathCAD. За результатами розрахунків побудовано графіки, що відображають картини розподілу електричного поля на поверхні землі.



Розподіл крокової напруги на поверхні землі біля опори

Розподіл щільності струму на поверхні землі біля опори лінії електропередачі

Рисунок 3- Графіки розподілу крокової напруги та щільності струму короткого замикання біля опори ЛЕП

З графіків можемо зробити наступні висновки: 1) небезпечна відстань при К.З. для прийнятих вхідних даних дорівнює 0,625 м; 2) щільність струму короткого замикання зменшується з ростом відстані, лінії вектора щільності струму направлені радіально до центру опори.

Перелік посилань

1. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. [Текст]: Учебн. пособ./Л.А. Бессонов. – М.: Гардарики, 2002. – 638 с.

УДК 621.3.051.025, 004.942

Толстов О.В. студент гр. ЕМг-14-1**Науковий керівник: Прокуда В.М., к.т.н., асистент кафедри гідротехніки**

(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛЬЧОЇ МЕРЕЖІ У MATLABSIMULINK

Основна ідея полягає в тому, щоб розробити імітаційну модель розподільчих мереж 10 кВ та 0,4 кВ, включаючи трансформаторні зв'язки, для визначення електричних параметрів у вузлах мережі.

У теперішній час найбільшого поширення набули трифазні розподільні мережі класу напруги 10 / 0,4 кВ. Саме від цих мереж отримує живлення більшість споживачів електричної енергії. Наявність великої кількості кінцевих споживачів змушує приділяти особливу увагу режиму напруги в подібних мережах.

Топологія електричних мереж великих міст та мегаполісів, як правило, виявляється складною. Нові споруди та мікрорайони починають отримувати живлення з уже сформованої мережі, що порушує їх «ідеальну» кільцеву структуру. Також зміна режимів роботи існуючих споживачів і заміна старих елементів на нові, що призводить до зміни параметрів мережі, призводить до відхилення електричних параметрів у кінцевих споживачів. Для аналізу цих параметрів можливо використовувати розрахункові моделі. Але за зазначених вище умов, таке завдання стає складним для проектувальників, ти більш коли при зміні/доповненні однієї або де-кількох ланок треба перераховувати усю мережу.

В такому випадку доцільно використовувати імітаційні моделі, наприклад, у програмному комплексі MatLabSimulink. Використання таких моделей надає можливість швидко змінювати структуру мережі, а кожен візуальний елемент достатньо повно описує фізичну суть наявного фактичного елемента: лінії електропередач або трансформатора.

Наприклад, розглянемо радіальну структуру мережі, що складається з ГЗП, п'яти ділянок напругою 10 кВ, п'яти КТП 10/0,4 кВ, та двадцяти ділянок 0,4 кВ (Рис 1).

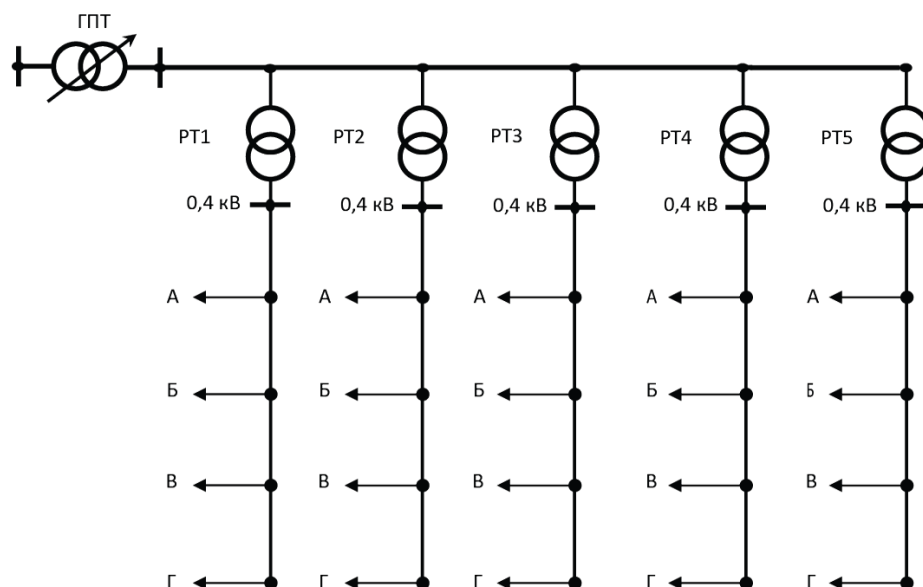


Рис. 1 Структура мережі

Так як ділянки після трансформаторів ідентичні, створимо підсистему (рис. 2).

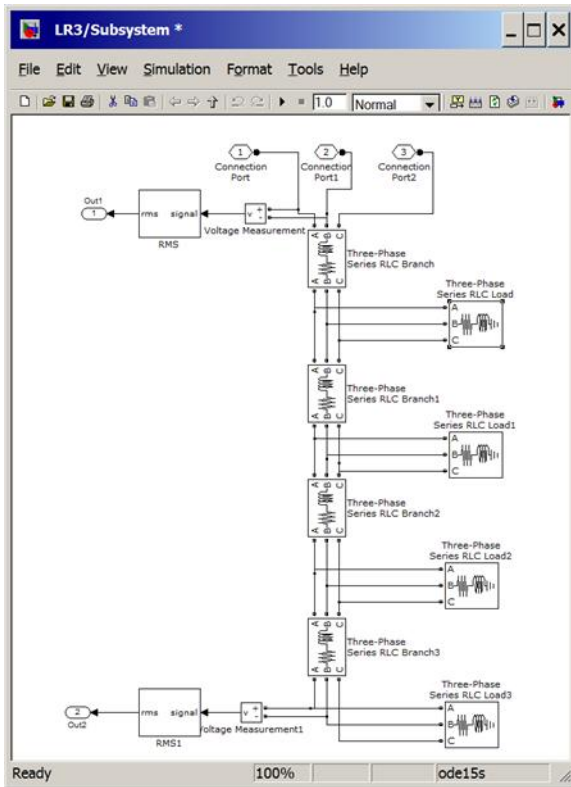


Рис. 2. Підсистема

Створюємо необхідну кількість копій нової підсистеми за кількістю мереж 0,4 кВ, так як в прийнятому прикладі за параметрами вони ідентичні. Сформуємо основну магістраль і заживлюємо її через головний знижувальних трансформатор (ГЗТ) від трифазного джерела напруги. Підключаємо створені підсистеми до основної магістралі через розподільні трансформатори. Задаємо параметри трансформаторів. Підключаємо вимірювальну апаратуру (вольтметри) в контрольних точках. Задаємо параметри розв'язувача і запускаємо модель на виконання. Отримуємо результат, що наведено на рис 3.

Висновок: за допомогою імітаційного моделювання досить легко визначати параметри у вузлах розподільчих мереж 10/0,4 кВ будь якої складності.

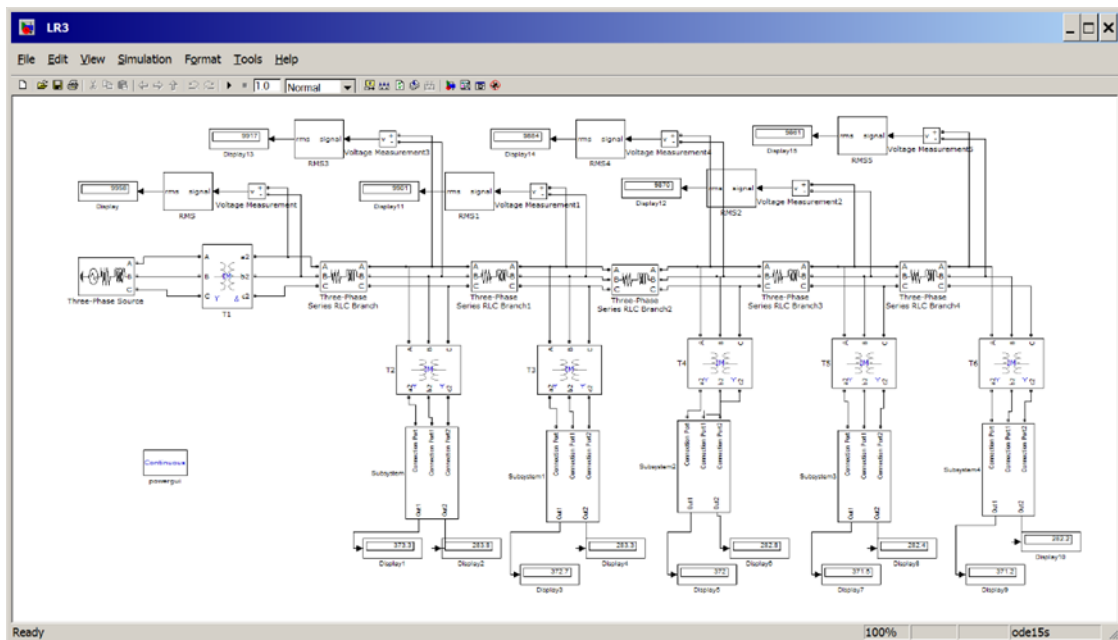


Рис. 3.

Перелік посилань

1. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д. Л. Файбисовича. М., 2005. 320 с.
2. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Минск: Изд-во стандартов, 1998. 31 с.