

УДК 621.314.223

Кирик В.В.,д-р тех. наук, професор,
Національний технічний
університет України «КПІ»;**Нагорний Р.В.,**аспірант,
Національний технічний
університет України «КПІ»;

РОЗРАХУНОК ГЕОМАГНІТНИХ ІНДУКЦІЙНИХ СТРУМІВ ВИКЛИКАНИХ ОДНОРІДНИМ ТА НЕОДНОРІДНИМ ГЕОЕЛЕКТРИЧНИМИ ПОЛЯМИ

Анотація. В роботі розглядаються основні підходи щодо розрахунку поверхневих потенціалів на основі однорідного та неоднорідного геоелектричного полів. Показано, що врахування однорідного геоелектричного поля не завжди показує достовірні значення напруги, яка прикладена до заземлених нейтралей автотрансформаторів лінії електропередач, що вимагає врахування неоднорідності геоелектричного поля

Ключові слова: геомагнітні індукційні струми, геоелектричне поле.

Кирик В.В.,д-р тех. наук., професор,
Национальные технические
университет Украины «КПИ»;**Нагорный Р.В.,**аспирант,
Национальные технические
университет Украины «КПИ»;

РАСЧЕТ ГЕОМАГНИТНЫХ ИНДУКЦИОННЫХ ТОКОВ ВЫЗВАННЫХ ОДНОРОДНЫМ И НЕОДНОРОДНЫМ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЯМИ

Аннотация. В работе рассмотрены основные подходы для расчета поверхностных потенциалов на основании однородного и неоднородного геоэлектрических полей. Показано, что использование однородного поля не всегда показывает достоверное значения напряжения, которое приложено к заземленным нейтралям автотрансформаторов линии электропередач, что требует учитывать неоднородность геоэлектрического поля.

Ключевые слова: геомагнитные индуцированные токи, геоэлектрическое поле.

Kyryk V.V.,Doctor of Science, Professor,
National Technical University
of Ukraine «KPI» ;**Nahornyi R.V.,**Post-Graduate Student,
National Technical University
of Ukraine «KPI» ;

GEOMAGNETICALLY INDUCED CURRENTS CALCULATION CAUSED BY UNIFORM AND NON-UNIFORM GEO-ELECTRIC FIELDS

Annotation. In this article the main approaches for surface potential calculation were considered which base on uniform and non-uniform geo-electric field. It was shown that using only uniform fields not always gives trustworthy voltage which is applied to grounded neutral of transmission line autotransformers that requires to consider non-uniform geo-electric field.

Keywords: geomagnetically induced currents, geo-electric field.

Введение. Магнитное поле Земли постоянно подвергаются воздействию заряженных частиц излучаемых Солнцем. Значительное количество этих частиц излучается Солнцем во время солнечных вспышек, корональных дыр и т.п. Этот феномен связан с солнечной активностью в моменты появления которой возникает интенсивный поток солнечного ветра, который длится несколько дней. В северном полушарии визуальным проявлением солнечной активности на Земле являются северные сияния.

Важным фактом проявления космической погоды на электрические сети заключается в появлении согласно закону электромагнитной индукции индуцированных потенциалов на поверхности Земли. Наведенные потенциалы является источником для протекания геомагнитных индукционных токов (ГИТ), которые замыкаются через нейтралы силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Даже незначительные значения поверхностного напряжения порядка 1-2 В/км могут вызвать насыщения магнитопроводов силовых трансформаторов. Насыщение трансформаторов приводит к нагреванию и возможному выхода из строя оборудования, а также к генерированию гармонических составляющих тока холостого хода в сеть и повышению потребления реактивной мощности в сети.

Постановка цели и задач научного исследования. Особой задачей при моделировании протекания ГИТ в электрических сетях является определении типа геоэлектрическими поля. В частности различают однородное и неоднородное геоэлектрическими поле [1]. Применение того или иного представления для определения значение индуцированного напряжения в линии зависит от полноты исходных данных. В первом случае значение индуцированного напряжения не зависит от пути следования линии, а зависит только от ее начального на конечного положения. В случае однородного геоэлектрического поля траектория прохождения линии вносит свои коррективы в значение индуцированного напряжения, поскольку значение вектора напряженности находится в функциональной зависимости от точки на траектории линии.

Однородное геоэлектрическое поле обычно используется в случаях, когда существует необходимость упростить расчеты и представить индуцированное напряжение в линии независимым от пути следования

линии или когда невозможно представить вариации поля по причине отсутствия точных данных о колебаниях магнитного поля в каждой точке следования линии. При этом поле по пути следования линии принимается однородным (потенциальным). Значение индуцированного напряжения в случае однородного поля не зависит от пути следования линии и определяется по выражению:

$$U = \int_L \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = \mathbf{E} \cdot (\mathbf{S}_1 - \mathbf{S}_2) = |\mathbf{E}| \cdot L_{12} \cdot \cos\phi,$$

где ϕ - угол между вектором напряженности электрического поля \mathbf{E} и вектором, соединяющей начало и конец линии электропередач.

Так для примера рассчитанные на основе уравнений Максвелла колебания компоненты геоэлектрического поля которая направлена на север E_x для города Львов на дату 06/06/2015р. (рис.1) показывают, что амплитуда геоэлектрического поля достигает максимального значения в 6 В/км. Если принять в этот момент времени геоэлектрическое поле однородным по территории Украины это дает повод утверждать, что, к примеру, напряжение которое приложено к нейтралам силовых автотрансформаторов в линии ПС «Западно-Украинская» – Ровенская АЭС при длине линии 282 км составит 1692 В.

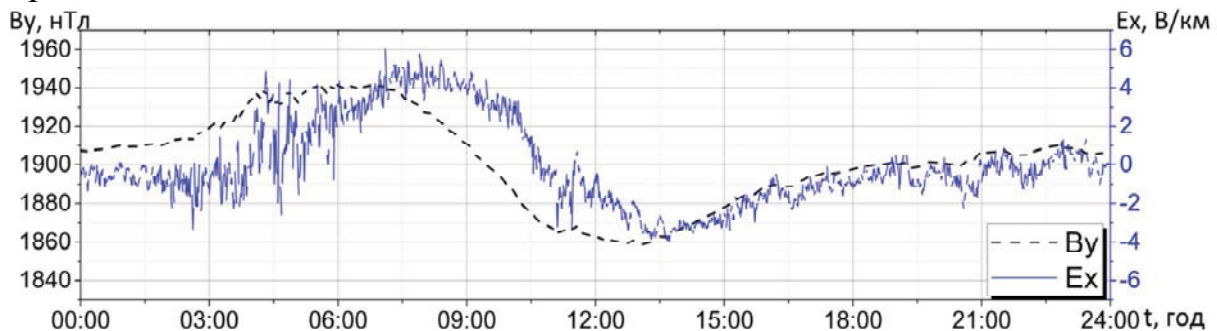


Рис. 1. Зависимость изменения компоненты вектора магнитной индукции (B_y) та геоэлектрического (E_x) полей от времени

Для однородного геоэлектрического поля полученное значение напряжения может входить в расчетную схему, в которой все элементы системы представлены активными сопротивлениями. Это напряжение способно вызвать значительный порядка 100 А геомагнитный индуцированный ток.

Следует отметить, что в случае, когда вектор напряженности однородного поля перпендикулярный вектору, который соединяет начало и конец ЛЭП индуцированное напряжение в линии не возникает. Если рассматривать колебания компоненты геоэлектрического поля E_y которая направлена на восток на рассмотренную выше дату, то максимальная амплитуда поля будет составлять 8 В/км (рис.2), однако существенного

влияния на приложенное к нейтралам поверхностное напряжение не окажет, так как линия направлена преимущественно на север.

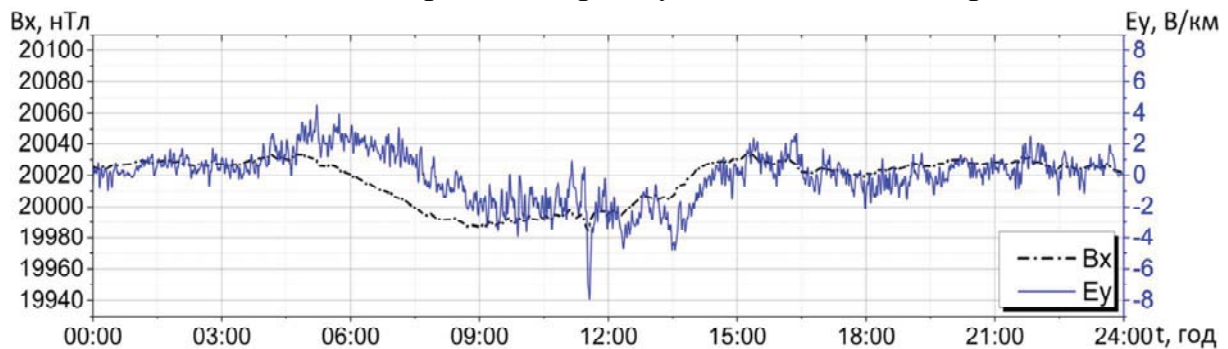


Рис. 2. Зависимость изменения компоненты вектора магнитной индукции (B_x) та геоэлектрического (E_y) полей от времени

В случаи неоднородного поля важной задачей является оценка геоэлектрического поля в каждой точке прохождения линии. На данный момент на территории Украины производят измерения колебания компонент магнитного поля только две обсерватории, расположенные во Львове и Киеве. Однако расчетные значения компонент геоэлектрического поля для этих двух точек не дают полную картину для утверждения того, что моделируется неоднородное поле.

Разработанная методика позволяет оценить колебания компонент магнитного поля в любой точке Украины на основе трехмерной интерполяции магнитных колебаний, полученных на украинских обсерваториях, так и соседних европейских стран. Расчет поверхностных потенциалов на основании полученных колебаний к каждой точке прохождения ЛЭП позволит более точно оценить значения поверхностного напряжения. В случае моделирования выше рассмотренной линии с учетом неоднородного поля получаем большие значение напряжения, приложенное к нейтралам, так как в этом случаи учитывается компонента геоэлектрического поля направлена на восток, чего нет в случаи с однородным полем.

Использованные источники информации:

1. Boteler D.H., Pirjola R.J. Modeling Geomagnetically induced currents produced be realistic and uniform electric fields // IEEE Transactios on Power delivery. – 1998. – Vol:13, Issue:4 – С.1303 – 1308.

References:

1. Boteler D.H., Pirjola R.J. Modeling Geomagnetically induced currents produced be realistic and uniform electric fields // IEEE Transactios on Power delivery. – 1998. – Vol:13, Issue:4 – С.1303 – 1308.

Рецензент: д.т.н., проф.Лисенко А.И.