

УДК 621.316.925

DOI: 10.30987/conferencearticle_5c19e5e79cfd21.28379361

В.Я. Горин, Н.Н. Давидсон, Р. И. Пуриши
(г. Донецк, Донецкий национальный технический университет)

НОВЫЕ ПОДХОДЫ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ САПР ВОЗДУШНЫХ ЛЭП ВЫСОКОГО И СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Рассматриваются результаты разработок по совершенствованию учебно-исследовательского варианта системы автоматизированного проектирования воздушных линий электропередачи высокого и сверхвысокого напряжения. При проектировании ЛЭП на базе САПР предлагается использовать астрономические методы ориентирования на этапе проведения изысканий по трассе линий электропередачи.

The results of development to improve the educational and research version of the computer-aided design (CAD) of high and extra-high voltage overhead transmissions lines are considered. During transmission lines design based on CAD it is suggested to use astronomic orienteering methods for surveying transmission line routes.

Ключевые слова: САПР, учебно-исследовательский вариант, проектирование воздушных линий электропередачи, изыскания по трассе линий, астрономические методы ориентирования линий.

Keywords: CAD, educational and research version, design of transmission lines, surveying transmission line routes, astronomic orienteering methods.

На кафедре электрических систем Донецкого национального технического университета в течение нескольких последних десятилетий успешно проводятся работы по созданию, использованию в учебном процессе и совершенствованию процесса автоматизированного проектирования воздушных ЛЭП (ВЛ) на базе учебно-исследовательской САПР (УИ САПР ВЛ). Важнейшей компонентой этой САПР следует признать комплекс программно-технических средств, позволяющих эффективно решать вопросы компьютерного проектирования линейно-строительной части ВЛ напряжением 35-750 кВ (рис. 1).

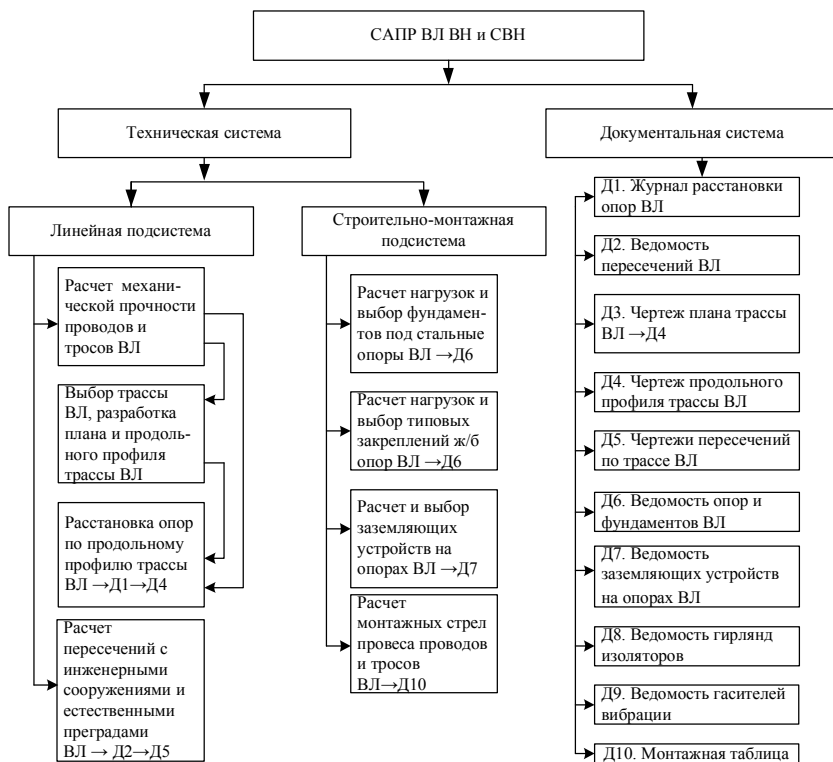


Рис.1. Структурная схема УИ САПР ВЛ ВН и СВН

Пакет прикладных программ для проектных расчетов конструктивной части ВЛ 35-750 кВ для персональных компьютеров реализован на основе экспертной системы, ранее разработанной на кафедре ЭСИС ДонНТУ на базе DOS [1]. Эта экспертная система ДонНТУ для компьютерного проектирования воздушных линий электропередачи высокого напряжения в виде SAPR VL DOS базируется на фиксированном размещении анкерных опор на продольном профиле трассы проектируемой ВЛ и компьютерной расстановке по трассе промежуточных опор с соблюдением всех требований соответствующих нормативных документов [2]. УИ САПР ВЛ ВН и СВН имеет несколько видов программного обеспечения: один – под DOS, другой – под WINDOWS. В первом варианте программы написаны языком CLIPPER и FoxBase, во втором варианте использованы языки Delphi, Visual Basic 6.0, Mathcad. Кроме этого, программы вычерчивания продольного профиля трассы проектируемой ВЛ и пересечений написаны на AutoCAD с использованием языка AutoLISP.

Одной из важнейших (основополагающих) проектных процедур, подлежащих выполнению на первых этапах разработки проекта ВЛ, является подготовка и выбор трассы ВЛ, для чего необходимо выполнить ее ориентирование. Ориентировать линию электропередачи на местности – значит определить ее направление относительно другого направления, принятого за исходное, в качестве которого могут быть:

- 1) истинный (географический) меридиан;
- 2) магнитный меридиан;
- 3) линия, параллельная оси X прямоугольной системы плоских

координат.

На практике наиболее часто принимают за исходное такое направление географического меридиана, которое получают или с помощью приборов (гиротеодолитов), или из астрономических наблюдений. Однако при традиционной глазомерной (полуинструментальной) съемке истинный меридиан и поправка компаса не определяется из-за отсутствия в настоящее время достаточно простого и удобного прибора.

Программа рекогносцировочных изысканий проектируемой ВЛ включает анализ возможных вариантов трассирования линии, намеченных в задании к проекту и появляющихся в процессе выполнения изыскательских работ. При этом анализ проводится без применения геодезических приборов или с простейшими приборами. Результаты этого анализа позволяют решить задачу ориентирования воздушных ЛЭП при разработке возможных вариантов прохождения проектируемой ЛЭП на местности, используя для определения направления истинного меридиана, например, солнечный компас.

Для использования существующих моделей солнечных компасов необходимо знание местного часового угла, который равен сумме в градусах гринвичского часового угла и восточной долготы. Если эту сумму невозможно определить (например, из-за неисправности часов), пользоваться таким компасом невозможно. Поэтому возникает необходимость использовать солнечный компас, построенный на принципах так называемого «высотного метода», что и рассматривается в настоящей статье.

В принципе существует два способа определения астрономического азимута из наблюдений Солнца:

1. По часовому углу Солнца.
2. По высоте Солнца над горизонтом.

Если по какой-нибудь причине неизвестен местный часовой угол, то в этом случае рекомендуется использовать способ определения азимута по высоте Солнца.

Необходимость определения астрономических азимутов возникает при ориентировании вновь создаваемых ЛЭП, когда их азимутальная привязка к ранее исполненным геодезическим сетям оказывается невозможной, а также и в других работах по геодезии, требующих ориентирования в пространстве (например, нанесение на аэрофотоснимки направления «север - юг»,

исполнительные съемки трасс линий электропередачи на поопорных схемах и т.п.).

Любая задача практической астрономии сводится к решению так называемого «параллактического треугольника», т.е. сферического треугольника на вспомогательной небесной сфере, вершинами которого являются повышенный полюс мира, зенит наблюдателя и видимое место светила. Это решение в принципе может выполняться либо аналитическим путем, либо графическим построением и заключается в определении сторон и углов сферического треугольника. Заметим, что более предпочтительным принято считать метод графического построения, так как в этом случае решение получается наглядным в виде так называемого «решающего чертежа» на сфере. При этом нужно иметь в виду, что роль прямых в сферической геометрии играют большие окружности, т.е. окружности, которые получаются в пересечении сферы с плоскостями, проходящими через центр сферы.

Будем называть сферическим треугольником часть сферы, ограниченную замкнутой линией, состоящей из дуг больших окружностей. Дуги больших окружностей, ограничивающие сферический треугольник, являются его сторонами, концы этих дуг являются его вершинами, а углы, образуемые сторонами сферического треугольника в его вершинах, являются углами сферического треугольника.

Два сферических треугольника являются симметричными, если они имеют соответственно равные элементы, но отличаются один от другого своим расположением. Последнее обстоятельство наблюдается, в частности для двух треугольников, каждые две соответственные вершины которых служат концами одного диаметра.

При любом движении сферы диаметрально противоположные точки сферы переходят в диаметрально противоположные точки. Этого свойства нет в плоской геометрии, так как на плоскости нет таких пар точек, когда движение одной из этих точек вполне определяет движение второй. Таким образом, пара диаметрально противоположных точек является в сферической геометрии самостоятельным геометрическим объектом.

Из рис. 2 видно, что сферический треугольник $P_N Z M_N$ со сторонами $z = 90^\circ - h$ (зенитное расстояние), $\Delta = 90^\circ - \delta$ (полярное расстояние), $m = 90^\circ - \varphi$ (дополнение широты) и треугольник $P_S n M_S$ с теми же сторонами являются симметричными сферическими треугольниками, с помощью которых можно определить элементы треугольника видимой полусферы по элементам другого треугольника (рис. 2). Эта замена позволяет определять меридиан и астрономический азимут по высоте Солнца так называемым «теневым» методом без выполнения тригонометрических расчетов.

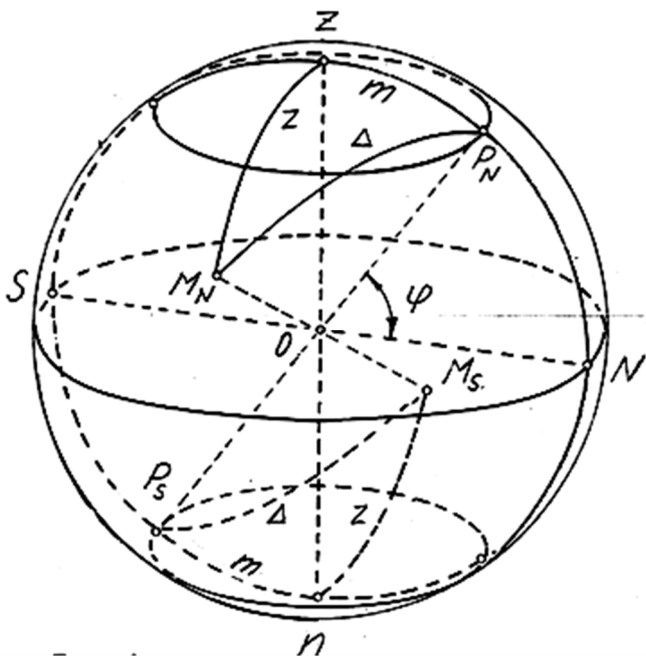


Рис.2. Симметричные сферические треугольники

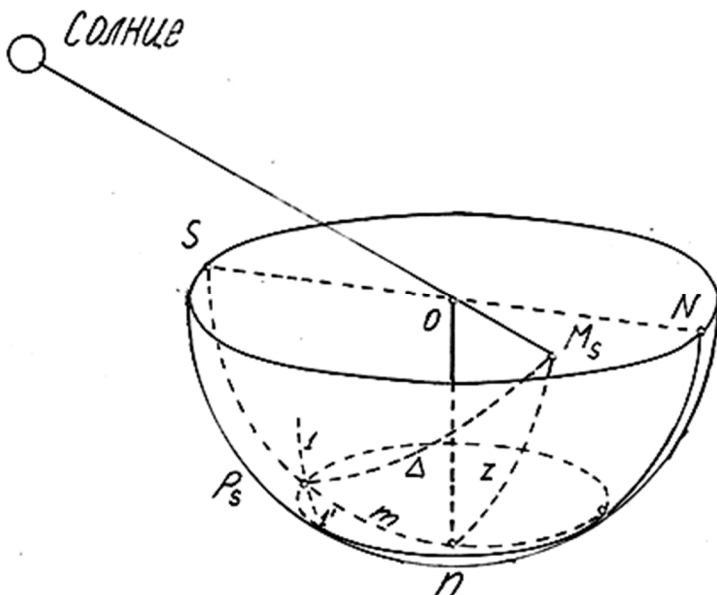


Рис.3. К определению меридиана

Переходим к решению поставленной задачи по определению меридиана. Как известно, большая окружность горизонта делит небесную сферу на две полусферы. Рассмотрим нижнюю полусферу (рис.3) и выполним на ней следующие графические построения.

Проведем малую окружность радиусом $r = R \cdot \cos \varphi$ (R -радиус сферы). На полусфере делаем заметку $1-1'$, для чего ставим ножку циркуля в точку M_S и раздвигаем его на величину угла Δ . Точка их пересечения дает точку P_S . В итоге мы получаем дугу меридиана, проекция которой на горизонтальную плоскость является полуденной линией NS . Далее по [3,4] определяем азимут.

Оценим, какие при этом возникают ошибки измерений.

Как известно, азимут светила равен

$$\operatorname{ctg} A_0 = \sin \varphi_0 \cdot \operatorname{ctg} t - \cos \varphi_0 \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \cos ec t. \quad (1)$$

Для определения ошибки вследствие неточного нанесения широты на полусферу будем считать A_0 и φ_0 переменными величинами и продифференцируем выражение (1) по этим переменным. Заменяв затем дифференциалы конечными значениями ошибок, получим:

$$\Delta A_0 = \frac{(\cos \varphi_0 \cdot \cos t + \sin \varphi_0 \cdot \operatorname{tg} \delta) \sin^2 A_0}{\sin t} \Delta \varphi.$$

Так как $\sin h_0 = \sin \varphi_0 \cdot \sin \delta + \cos \varphi_0 \cdot \cos \delta \cdot \cos t$, то величина ошибки определяется по следующему выражению:

$$\Delta A_0 = \frac{\sin h_0 \cdot \sin^2 A_0}{\sin t \cdot \cos \delta} \Delta \varphi$$

Известно [3], что

$$\sec h_0 = \frac{\sin A_0}{\sin t \cdot \cos \delta}.$$

Поэтому

$$\Delta A_0 = \sin A_0 \cdot \operatorname{tg} h_0 \cdot \Delta \varphi.$$

На первом вертикале $A_0 = 90^\circ$, $\sin A_0 = 1$. При $\varphi = 50^\circ$ и $\delta = 24^\circ$, $h_0 = 32^\circ$.

Примем $\Delta \varphi = 1^\circ$. Тогда $\Delta A_0 = 0,6^\circ$

Взяв в формуле (1) производную от A_0 по δ , получим:

$$\Delta A_0 = \frac{\cos \varphi_0 \cdot \sin^2 A_0}{\cos^2 \delta \cdot \sin t} \Delta \delta . \quad (2)$$

Принимая $A_0 = 90^\circ$, $\sin A_0 = 1$, при $\varphi = 50^\circ$ и $\delta = 24^\circ$, определим величину часового угла:

$$t = 68^\circ .$$

Допуская максимально возможную величину ошибки в склонении $\Delta \delta = 0,5^\circ$ (диаметр Солнца), получим:

$$\Delta A_0 = 0,4^\circ .$$

В общем случае ошибка измерений окажется меньшей по величине и будет находиться в пределах точности графических построений.

Рассмотренный способ позволяет достаточно быстро определить поправку компаса.

Несмотря на широкое применение основных глобальных навигационных систем GPS и ГЛОНАСС, астрономическое ориентирование может быть использовано как резервное и контрольное средство при выборе трассы проектируемой ВЛ и последующей разработке плана и продольного профиля трассы ВЛ.

Список литературы

1. Горин, В.Я. Проектирование ВЛ 6-220 кВ на базе IBM PC/В.Я. Горин, С.Т. Грановский // Энергетика и электрификация. – 1992. – №4. – С. 34-36.
2. Правила устройства электроустановок. – 3-е изд., перераб. и доп. – Х.: Изд-во «Форт», 2011. – 736 с.
3. Давидсон, Н.Н. Астрономическое определение поправки компаса при изыскании трасс линий электропередачи/Н.Н. Давидсон, С.Н. Давидсон, В.П. Кобазев// Наук. праці ДонНТУ, серія «Електротехніка і енергетика». – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2008. – Вип. 8 (140). – С. 47-50.
4. Горин, В.Я. Определение географического меридиана на аэроснимке при предварительных изысканиях трассы воздушной ЛЭП/Горин В.Я., Давидсон Н.Н., Широкоярова Т.В.// Известия ТТИ ЮФУ-ДонНТУ: материалы Тринадцатого Международного научно-практического семинара «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы»: В 3 кн. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2012. – Кн. 2. №12. – С.41-48.

Материал поступил в редколлегию 15.10.18.