

УДК 621.31

В.Е. Кожевников, студент гр. М-ЭО-22-1 (ЛГТУ)
Научный руководитель В.И. Зацепина, д.т.н., профессор (ЛГТУ)
г. Липецк

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО
АППАРАТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА
ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ**

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи, изолированная нейтраль, определение места повреждения, беспилотный летательный аппарат.

Аннотация: В статье предлагается модернизация беспилотного летательного аппарата для упрощения поисков мест повреждений на линиях электропередачи с изолированной нейтралью. Для этого на беспилотник необходимо установить специальные катушки. Они предназначены для замеров тока нулевой последовательности в линии. По показаниям с этих катушек беспилотный аппарат должен найти повреждение на линии. Для этого был создан алгоритм движения и написан программный код.

В большинстве случаев линии электропередачи (ЛЭП) обладают большой протяженностью. Из-за этого их надежность ниже, чем у остальных элементов системы электроснабжения. Повреждение линии может произойти в любом отрезке её длины. Воздушные же линии еще менее надежны, чем кабельные. Исходя из этого, проблема определения места повреждения (ОМП) на воздушных линиях является актуальной. В ЛЭП, где нейтраль заземлена, определить место повреждения можно дистанционным способом. Но есть и такие линии, в которых нейтраль изолирована. В этом случае замыкание на землю не является коротким, линия может продолжать работать без отключения. Но в данном случае дистанционное ОМП реализовать трудно [1,2], так как на результаты влияют емкостные токи. Поэтому проще воспользоваться топографическими методами. К ним можно отнести такой способ, как осмотр линии выездной бригадой. Также можно использовать беспилотные летательные аппараты. Их использование намного эффективнее и быстрее, чем поиски выездной бригады. Исходя из этого, целью является модернизация беспилотного летательного аппарата при помощи специальных датчиков, с помощью которых будет происходить

поиск повреждений. Для этого необходимо написать программный код движения беспилотника по этим данным.

Как уже было сказано, для поисков повреждения на ЛЭП с изолированной нейтралью уже применяют беспилотники [3,4], однако осмотр часто проводится лишь визуально, что не всегда позволяет определить проблемный участок линии. Существуют переносные приборы, используемые поисковой бригадой по поиску мест повреждений, например приборы «Зонд». Их главный измерительный элемент – катушка, которая реагирует на токи нулевой последовательности. Чем меньше расстояние до места повреждения, тем больше измеряемый катушкой ток. Таким образом, если такие катушки установить на БПЛА, то можно автоматически искать место повреждения.

Чтобы беспилотник мог автоматически определять поврежденный участок линии, необходимо создать специальную программу, которая будет в зависимости от поступающих данных выдавать команды для управления беспилотником.

Перед написанием программного кода движения был создан алгоритм. Он представлен на рисунке 1. Далее уже по алгоритму был написан программный код, который приведен на рисунке 2.

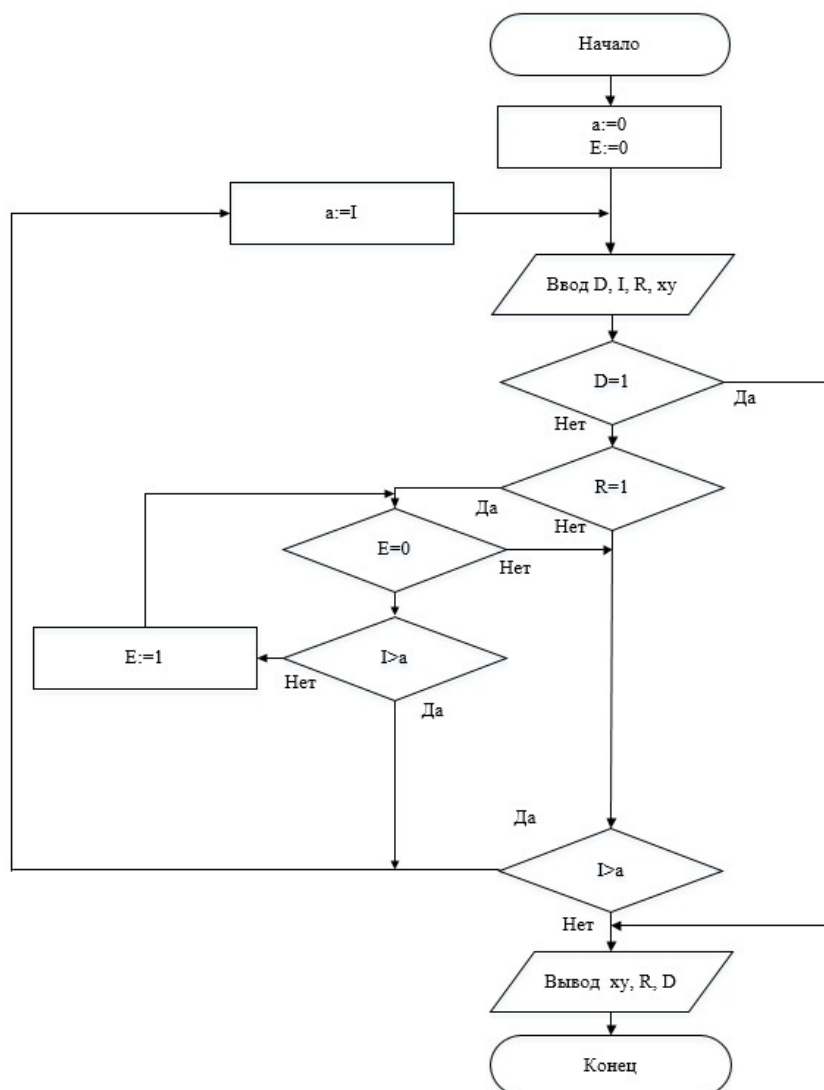


Рис. 1. Алгоритм для движения БПЛА по измеряемым данным

Отметим данные, которые используются в программе: I – измеренный ток датчиками нулевой последовательности, R – показание датчика наличия отпайки, D – показание с датчиков-указателей замыкания, x_u – координаты БПЛА над линией в пространстве. Как видно по показателю D , в программе учтена возможность того, что на некоторых столбах линии электропередачи могут быть установлены указатели повреждения. При пересечении максимального значения тока нулевой последовательности с датчиков, беспилотный летательный аппарат останавливается и сохраняет полученные значения переменных.

```
1  #include<iostream>
2  int main() {
3  int xy, D, I, R, a, E;
4  a=0;
5  E=0;
6  prov:
7  std::cin >> xy;
8  std::cin >> D;
9  std::cin >> I;
10 std::cin >> R;
11 if (D==1) {
12     A=P;
13     goto ending;
14 }
15
16
17 if (R==1){
18     prove:
19     if (E==0){
20         if (I>a) {
21             a=I;
22             goto prov;
23         }
24     } else {
25         E=1;
26         goto prove;
27     }
28     else goto prov;
29 }
30 }
31 prov:
32 if (I>a) {
33     a=I;
34     goto prov;
35 }
36 ending:
37 std::cout << xy;
38 std::cout << R;
39 std::cout << D;
40 std::cout << E;
41 }
```

Рис. 2. Код для движения БПЛА по измеряемым данным

Написанный программный код позволяет упростить поиски места повреждения. Предлагаемый модернизированный беспилотный летательный аппарат применим только на тех линиях электропередачи, у которых замыкание на землю не является коротким – на линиях с изолированной нейтралью.

Достоинством данного аппарата является автоматический поиск поврежденного участка. К недостаткам можно отнести невозможность использования беспилотника при плохой погоде и также небольшое время полета (около 30 минут). Последний недостаток можно решить, если вместо аккумуляторных батарей применить новые водородные элементы питания.

Список литературы:

1. Солдатов В.А., Яблоков А.С. Определение повреждений в сетях 35 кВ по наведенному напряжению на антеннах при нагрузке / В.А. Солдатов, А.С. Яблоков // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – №3. – С. 121-126.
2. Солдатов, В.А. Определение места повреждения в электрических сетях 35 кВ по уравнениям относительно токов / В.А. Солдатов, В.А. Полонский // Актуальные проблемы энергетики АПК. – Саратов, 2019. – С. 198-201.
3. Пугачева, Е.А. Разработка методики использования летательного аппарата для диагностики объектов энергетики / Е.А. Пугачева, Д.А. Рогозина // Ученые Омска – Региону. – Омск, 2018. – С.38-42.
4. Виноградов, А.В. Компьютерная программа по выбору системы мониторинга технического состояния воздушных линий электропередачи / А.В. Виноградов, А.Н. Синяков, А.Е. Семенов // Агротехника и энергообеспечение. – 2016. – № 3 (12). – С. 52-61.

Информация об авторах:

Кожевников Владимир Евгеньевич, студент гр. М-ЭО-22-1, ЛГТУ, 398055, г. Липецк, ул. Московская, д.30, vovchik.e.k123@yandex.ru

Зацепина Виолетта Иосифовна, д.т.н., профессор, ЛГТУ, 398055, г. Липецк, ул. Московская, д.30, vizatsepina@yandex.ru