**МОНІТОРИНГ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КВАДРОКОПТЕРІВ ПІД ЧАС ЇХ ОБСТЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ**

**Кучанський В.В.1\*, Зайцев Є.О.**

*1Інститут електродинаміки НАН України, Київ, України*

\*e-mail: kuchanskiyvladislav@gmail.com

Широке впровадження сучасних технологій, систем та каналів зв'язку створюють нові можливості для створення систем оперативного контролю та технічної діагностики лініях електропередач (ЛЕП) як найбільш ефективного напряму в організації обслуговування високовольтного обладнання [1-2]. Без створення та впровадження систем технічної діагностики ЛЕП неможливий повноцінний розвиток систем енергопостачання. Найбільш перспективними напрямками застосування систем оперативного контролю та технічної діагностики ЛЕП на базі квадрокоптерів є такі:

1. Збільшення пропускної спроможності повітряних ліній за допомогою використання систем температурного контролю та моніторингу акустоемісійного та електромагнітного полів повітряних ліній.

2. Оперативний контроль за технічним станом проводів ЛЕП (надмірні провисання, обриви та тощо).

3. Контроль за технічним станом підвісної ізоляції ЛЕП, контроль поверхневого забруднення ізоляції, пошук дефектних ізоляторів у лінії.

Системи моніторингу ЛЕП вирішують проблему безпечної експлуатації обладнання шляхом використання квадракоптерів задля вирішення задач оперативного контролю та технічної діагностики ЛЕП з метою попередження небезпеки виникнення руйнування задовго до того, як воно відбудеться. Адже, наприклад, використання стандартного методу контролю стану ЛЕП, який заснований на фіксації високочастотних імпульсів, що виникли в зоні дефекту підвісної ізоляції, дозволяє оперативно оцінити стан ЛЕП, визначати тип, ступінь розвитку та небезпеку дефектів [3-5]. Недоліком, застосування такого контролю є необхідність використання великої кількості спеціальних сенсорів, які встановлюються на великих відстанях від місць встановлення обладнання, що реєструє контрольно-діагностичні параметри.

В доповіді пропонується задля створення систем оперативного контролю та технічної діагностики ЛЕП використовувати дистанційні методи із застосуванням квадракоптерів, що дозволить забезпечити:

1. Аеровізуальне інспектування (фото- та відеозйомка) за допомогою квадрокоптерів;

2. Моніторинг, який ґрунтується на використанні знімків із прив'язкою до GPS координат.

3. Використання сенсорів дозволить забезпечити формування мапи із зазначенням результатів контролю: зусилля натягу проводів за допомогою сенсорів та візуального огляду з квадрокоптера; наявності зледеніння на лініях та підвісної ізоляції ЛЕП та їх цілісність.

Зазвичай наземне обстеження важкодоступних ділянок ЛЕП займає кілька днів, а може й на тижні. Використання квадрокоптерів скорочує час обстеження за кілька годин. У середньому, витрати на моніторинг повітряних ЛЕП із застосуванням квадрокоптера у 6 разів менші, ніж наземні методи огляду. При цьому обстеження 1 тис. км ЛЕП скорочується на 58 днів.

Варто зазначити, що виявлення та оцінка дефектів на ЛЕП здійснюється спеціалістом, який аналізує цифрові знімки. Автоматизувати цей етап роботи майже неможливо і у більшості випадків недоцільно тому, що за прийняття остаточного рішення по оцінці ситуації несе певна людина, а не машина. Проте, для підвищення ефективності планової діагностики та скорочення обсягу матеріалу, який потребує ручного перегляду, доцільно використовувати методи машинного навчання та сегментації зображень. Ці інструменти допомагають попередньо обробляти дані та передавати їх до геоінформаційної системи (ГІС).

Планова діагностика повітряних ліній електропередач (ПЛ), що включає обльоти на малих і середніх висотах для інспекції ліній та охоронних зон, забезпечує отримання детальних знімків для подальшого аналізу. Ці знімки можуть бути використані для виявлення дефектів та оцінки 3D відхилень просіки та проводів. Після збору даних, знімки з координатами завантажуються у спеціалізоване програмне забезпечення для створення фотоплану, який потім інтегрується в ГІС. Це дозволяє забезпечити єдину база даних із прив'язкою до місцевості, здійснюється якісний та кількісний аналіз ЛЕП та охоронних зон.

Така система дозволяє швидко знаходити дефекти, їх описи та знімки, а також оцінювати просторові порушення габаритів ЛЕП, швидко знаходити опис та знімок дефекту, оцінити стан охоронних зон та ЛЕП. Використовуючи отримані дані зручно формувати мапи дефектів з прив'язкою до місцевості та план робіт із виконання ремонтних робіт.

Окрім цього, дрони оснащуються додатковою вимірювальною технікою, яка дозволяє здійснювати зйомку в інфрачервоному та ультрафіолетовому діапазонах, реєструвати лазерні відбитки для створення хмар точок, а також транслювати відео в реальному часі. Це дає змогу оперативно реагувати на надзвичайні ситуації та проводити моніторинг стану повітряної лінії (ПЛ) в режимі реального часу, що значно підвищує ефективність та безпеку обстеження будь-якого важкодоступного об’єкта без ризику для життя та здоров’я людей.

Зйомка з висоти 200 м за допомогою тепловізора дозволяє виявити заболочування та підтоплення в охоронних зонах, руйнування опор, перегрів великих трансформаторів, пожежі. Тому при зборі даних про стан ЛЕП доцільно використовувати різну апаратуру. Деякі дефекти можна виявити лише за допомогою зйомки УФ-камерою: для цього дрон зависає в повітрі на 5-10 с, а лічильник імпульсів приладу видає усереднений показник розрядної активності.



Рисунок 1. Обстеження ЛЕП з використанням квадрокоптера

Отже, впровадження технологій дистанційного моніторингу на основі квадрокоптерів значно покращує керування ЛЕП. При цьому квадрокоптери дозволяють швидко та безпечно обстежувати важкодоступні ділянки без ризику для персоналу, скорочуючи час і витрати на інспекцію. Їх можна використовувати без відключення ліній, що знижує ризики перебоїв енергопостачання.

1. Зайцев Є.О., Кучанський В.В. Аналіз методів контролю втрат потужності на корону в лініях електропередавання. «Технічні науки в Україні: сучасні тенденції розвитку»: Всеукраїнська інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих вчених 20-21листопада 2019 р., Київ, Україна. С. 14-16.
2. Кучанський В.В., Зайцев Є.О. Технічні засоби аеродіагностування високовольтного електроустатковання. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: Збірник матеріалів XX Міжнародної науково-практичної конференції, 19 – 20 травня 2023 року, Київ: К.: Інституту відновлюваної енергетики НАН України, 2023. С.156-157.
3. Dolník B., Šárpataky L., Havranet P. [et al.]. Sensing method using multiple quantities for diagnostic of insulators in different ambient conditions // Sensors. 2022. Vol. 22, no. 4. P. 1376. DOI: 10.3390/s22041376.
4. Putra N. R. M., Sartika N., Rachmawati R. The study on leakage current waveform characteristics and computer simulation of ceramic insulator under artificial tropical condition // 2018 12th International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials (ICPADM). IEEE, Xi'an, 2018. P. 320–323. DOI: 10.1109/ICPADM.2018.8401273.
5. Al-Gheilani A., Rowe A., Li W. [et al.]. Stress control methods on a high voltage insulator: A review // Energy Procedia. 2017. Vol. 110. P. 95–100. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.112.