

Внедрение современных информационных систем позволяет в значительной степени упростить процедуру подсчета запасов полезных ископаемых, при этом повысить точность расчетов, а построение цифровой модели месторождения облегчить задачи планирования, возникающие на пути горных инженеров.

Список цитируемых источников

1. Оника, С. Г. Геоинформационные системы в горном деле: электронный учебно-методический комплекс [Электронный ресурс] / С. Г. Оника, Е. Ю. Нарыжнова, Е. В. Бильдюк. – Минск : БНТУ, 2023. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/130179>. – Дата доступа: 24.04.2024.

УДК 620.197.5

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО
ИНДУЦИРОВАННУЮ ДЕГРАДАЦИЮ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ**

И.А. Павлович

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Беларусь

**INFLUENCE OF ELECTROCHEMICAL PROTECTION ON POTENTIALLY
INDUCED DEGRADATION OF SOLAR PANELS**

I.A. Pavlovich

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

Аннотация. В данной работе рассмотрены вопросы потенциально индуцированной деградации солнечных фото преобразователей, причины ее вызывающие, а также известные способы борьбы с данным явлением, предложен способ электрохимической защиты кремниевой подложки с использованием смеси для оптимизации электрофизических параметров грунта.

Ключевые слова: деградация, фото электрический преобразователь, электростатическая защита, поляризация, контур заземления, потенциал.

Annotation. This work examines the issues of potentially induced degradation of solar panels, the causes that cause it, as well as known methods of combating this phenomenon, and proposes a method of electrochemical protection for a silicon substrate using a mixture to optimize the electrophysical parameters of the soil.

Keywords: degradation, solar cell, electrochemical protection, polarization, ground loop, potential.

Потенциально индуцированная деградация – это деградация кремниевой подложки или самого фотопреобразователя, вызванная появлением разности потенциалов между подложкой солнечной панели и ее корпусом. Это явление, чаще обозначаемое аббревиатурой ПИД (PID), вызывает потерю эффективности фотоэлектрических элементов из-за наличия токов утечки. Данное явление затрагивает наиболее распространенные солнечные панели на основе кремния. Механизм деградации, известный как поляризация в цепях, имеющих положительный потенциал напряжения относительно земли, обсуждался в [1–4].

Нарушение в структуре наиболее распространено для фото преобразователей на основе кристаллического кремния с передним переходом (n – p), и наиболее интенсивно развивается, когда модули находятся под отрицательным напряжением относительно земли [5]. Причиной появления индуцированных токов, помимо самой структуры солнечного элемента, является напряжение между фотоэлектрическими панелями и землей. Кроме того, накопление грязи и разрушение стекла (переднего, защитного покрытия) могут ускорять процесс из-за выде-

ления ионов натрия (Na^+). Спад эффективности достигает 30 % после 3 лет эксплуатации. Скорость деградации зависит от рабочего напряжения системы, влажности, температуры элементов.

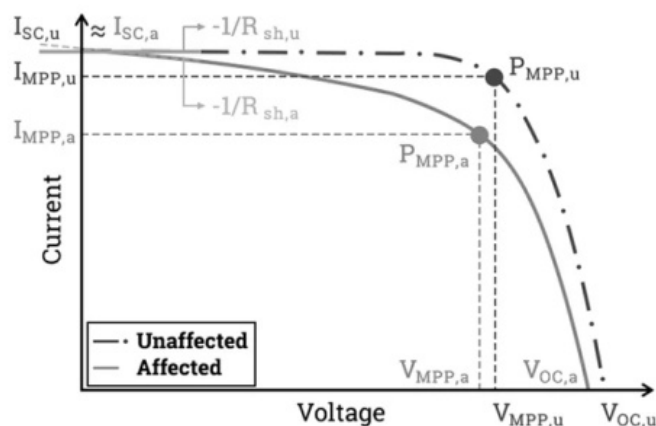


Рисунок 1 – Методика определения ПИД

Для анализа деградации и ее предупреждения был разработан стандарт [6] оценки способности фотоэлектрических модулей выдерживать высокое напряжение и не подвергаться в результате деградации. На рисунке 1 показан индекс P_{mpp}/W (P_{mpp} - максимальная мощность панели), а также изображения панели, показывающие эффективность преобразования солнечного излучения до и после теста.

Явление ПИД, возникающее в модулях с цепочкой отрицательной полярности, можно полностью избежать, если выполнить раму панели из диэлектрических, фото-термостойких материалов, имеющих достаточную механическую прочность. В этом случае заземление фотоэлектрической панели больше не потребуется. Это возможно с полимерным каркасом, но его стоимость и функциональные характеристики значительно уступают широко применяемым металлическим рамам. Возможно применение в конструкции фотоэлементов в качестве антиотражающего слоя полимера EVA, однако его фотостабильность и коэффициент поглощения так же не лучшим образом влияют на эффективность. Еще одним способом снижения вероятности возникновения ПИД является использование инвертора с возможностью заземления положительного или отрицательного полюса [7; 8]. Для решения проблемы возникновения ПИД эффекта мы предлагаем создать электрохимическое заземление для защиты кремниевых пластин, на основе наших смесей [9] с добавлением в них подобранных материалов с соответствующим электрохимическим потенциалом, для компенсации разрушения кремниевой подложки (сдвига электрохимического потенциала на заземление. Данный способ электрохимической защиты никогда не применялся для кремниевых материалов, однако аналогичные решения для защиты металлов (анодные заземлители) известны. Способность наших смеси аккумулировать влагу в околоэлектродном пространстве заземлителя и поддерживать стабильно низкое сопротивление в месте залегания контура. Это позволит сформировать полусухой электролит в различных климатических условиях, а правильно подобранный металл-донор позволит компенсировать влияние деградации подложки.

Список цитируемых источников

1. Experimental Evidence of PID Effect on CIGS Photovoltaic Modules / S. Boulhidja [et al.] // *Energies*. – 2020. – № 13. – P. 537.
2. Effect of negative potential on the extent of PID degradation in photovoltaic power plant in a real operation mode. / J. Hylsky [et al.] // *Microelectron. Reliab.* – 2018. – № 85. – P. 1218.
3. On the mechanism of potential-induced degradation in crystalline silicon solar cells / J. Bauer [et al.] // *Phys. Status Solidi-Rapid Res. Lett.* – 2012. – № 6. – P. 331–333.
4. Potential-induced degradation in photovoltaic modules: A critical review. / W. Luo [et al.] // *Energy Environ. Sci.* – 2017. – № 10 – P. 43–68.
5. The surface polarization effect in high-efficiency silicon solar cells / R.M. Swanson [et al.] // *In Proceedings of the 15th International PVSEC, Shanghai, China, 10–15 October 2005.* – P. 410–411.

6. IEC/TS 62804-1:2015* Модули фотоэлектрические. Методы испытания на деградацию, вызванную электрическим потенциалом. Часть 1. Фотоэлектрические модули на основе кристаллического кремния.

7. Christidis, G. C. Hybrid Discontinuous/Boundary Conduction Mode of Flyback Microinverter for AC-PV Modules / G. C. Christidis, A. C. Nanakos, E. C. Tatakis // IEEE Trans. Power Electron. – 2016. – № 31. – P. 4195–4205.

8. Rajeev, M. Analysis and Control of a Novel Transformer-Less Microinverter for PV-Grid Interface / M. Rajeev, V. Agarwal // IEEE J. Photovolt. – 2018. – № 8. – P. 1110–1118.

УДК 369.07

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТ

А. Ю. Поляков, О. Н. Скрыпник

Белорусская государственная академия авиации, Минск, Беларусь

EXPERIENCE OF USING UNMANNED AERIAL VEHICLES IN AGRICULTURAL OPERATIONS

A.Y. Paliakou, O.N. Skrypnik

Belarusian State Academy of Aviation, Minsk, Belarus

Аннотация. В статье рассмотрен опыт применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в сельском хозяйстве при выполнении работ по опрыскиванию полей. Проведено сравнение эффективности и затрат с использованием БЛА и традиционной техники. Результаты исследования подтверждают снижение затрат и повышение эффективности работ при использовании БЛА в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, сельское хозяйство, опрыскивание.

Annotation. The article examines the experience of using unmanned aerial vehicles (UAVs) in agriculture for field spraying operations. A comparison of efficiency and costs between UAVs and traditional machinery has been conducted. The research results confirm a reduction in costs and an increase in efficiency when using UAVs in agriculture.

Keywords: unmanned aerial vehicles, agriculture, spraying.

Стремительное развитие беспилотных летательных аппаратов (БЛА) создало благоприятные условия для разработки новых технологий и сфер их применения в различных отраслях экономики. В мире сельского хозяйства наблюдается рост спроса на услуги БЛА, что подтверждается данными о распределении заказов по различным отраслям экономики, где сельское хозяйство занимает значительную долю (9 процентов) (рис. 1).

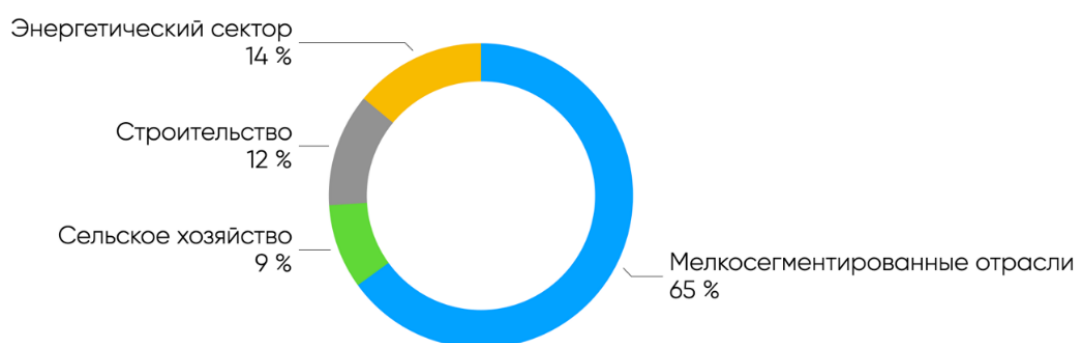


Рисунок 1 – Диаграмма по объему заказанных услуг с применением БЛА