

Энергосберегающие технологии ирригационных систем кругового движения

Аннотация. Количество ирригационных систем постоянно увеличивается. Проанализировано четыре технологии для снижения энергоемкости полива. В работе представлен детальный анализ энергосберегающих технологий. Показано, что использование электроэнергии из электрической сети, может иметь наибольший экономический эффект, который зависит от протяженности линии электропередачи. Наиболее простым и надежным, является использование оросительной воды для системы охлаждения двигателя автономной электростанции.

Annotation. The number of irrigation systems is constantly increasing. Four technologies for reducing the energy intensity of irrigation are analyzed. The paper presents a detailed analysis of energy-saving technologies. It is shown that the use of electricity from the electric grid can have the greatest economic effect, which depends on the length of the power transmission line. The simplest and most reliable is the use of irrigation water for the engine cooling system of an autonomous electric power plant.

Ключевые слова: энергия питания; дождевальная машина; орошение; контроль; эффективность; экономия

Keywords: power supply; sprinkler machine; irrigation; control; efficiency; economy

Введение

Вода и энергия - это основные факторы для прибыльного ведения сельского хозяйства в условиях недостаточного количества атмосферных осадков. Основным сдерживающим фактором внедрения оросительных систем является финансовые ресурсы. Так, например, в Украине вследствие отсутствия долгосрочных инвестиций, площадь орошаемых земель с 1990 года снизилась более чем на 70%. Так, если в 1990 году в стране было 1,77 миллиона гектаров орошаемых земель, то в 2015 орошение применялось на площади 600 тыс. га.

Наиболее эффективно орошаемые земли используются в Херсонской области, а хуже всего - в Николаевской. Так, доля орошаемых угодий были следующая, %: Херсонская область - 70; Одесская область - 19; Днепропетровская область - 14%; Николаевская область - 13% [1]. В 2018 году украинские фермеры обработали 365,7 тыс. га орошаемых земель [2]. Основными причинами такого положения являются недостаточное количество оросительных систем, неудовлетворительное состояние и высокая энергоемкость существующего оборудования [3].

В настоящее время системы автоматического кругового полива с автоматическим перемещением являются перспективным направлением. Они играют важную роль в повышении эффективности ведения сельского хозяйства. Современные оросительных систем кругового движения используют для своей работы следующие энергетические ресурсы: электроэнергия (привод электродвигателя водяного насоса) и органическое топливо (для работы двигателя-генератора, обеспечивающего тяговые электродвигатели). Одной из основных проблем данных систем является высокая энергоемкость. Над ее решением работают многие исследователи [4, 5]. Однако до сих пор проблема их высокого энергопотребления не решена.

Целью данного исследования является изучение возможных систем энергоснабжения и поиск потенциальных резервов для экономии энергии.

Материалы и результаты исследования

а. Схема полива

Типичная оросительная система кругового движения включает в себя следующие основные компоненты (рис. 1): 1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 - генератор; 3 – тяговый электродвигатель; 4 - спринклер; 5 - электродвигатель; 6 - водяной насос; 7 - фильтр; 8 – вса-

сывающий патрубок; 8 - водный канал; 10 - расходомер воды; 11 – трансформаторная подстанция.

Фактически, дизельный двигатель большую часть времени работает на холостом ходу. Это приводит к значительным не эффективным расходам топлива. Так удельное энергопотребление мобильных электрифицированных систем снижается вдвое по сравнению с машинами, приводимыми в действие дизельным генератором [6]. Резервы экономии затрат энергии ищут в направлении электроснабжения тяговых электродвигателей.

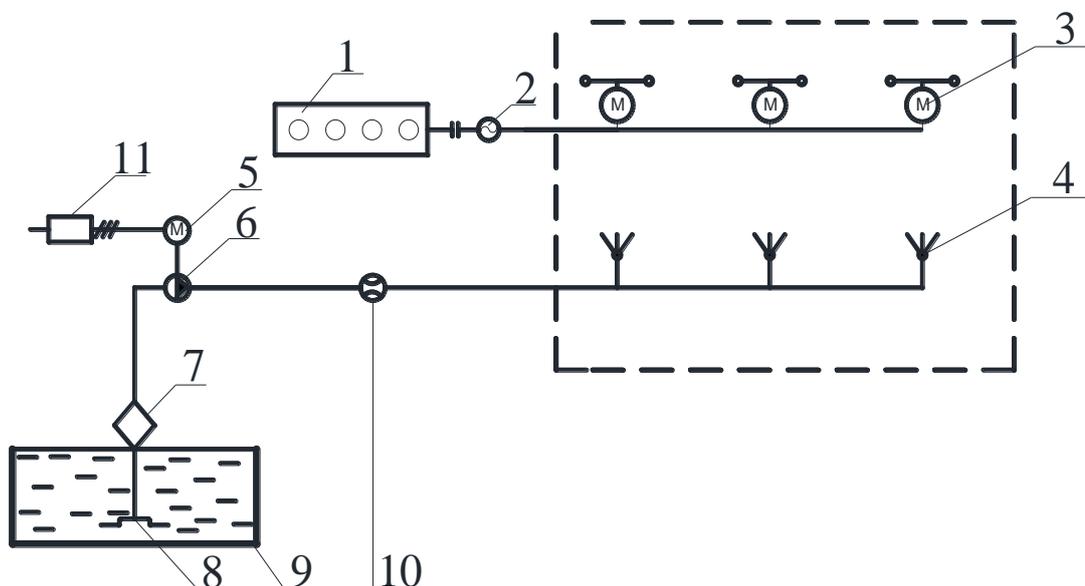


Рис.1. Схема оросительной системы кругового движения

Четыре энергосберегающих технологий были рассмотрены: использование альтернативных топлив; оптимизация системы охлаждения двигателя для снижения энергопотребления вентилятором; использование гидравлического двигателя для привода генератора переменного тока; и использование электроэнергии из электросети. Рассмотрим их более подробно.

б. Альтернативное топливо

Двигатели внутреннего сгорания могут использовать в качестве топлива бензин, дизельное топливо, сжиженный углеводородный газ (СУГ), природный газ, этанол, и т.д. Они характеризуются разным значением стоимости их энергии. Стоимость энергии рассчитывалась по ранее изложенным методикам [7]. Расчеты показали, что самым дорогим топливом является бензин (765 грн/ГДж). Наиболее дешевым является природный газ (253 грн/ГДж). Стоимость энергии дизельного топлива составляет 656,6 грн/ГДж. Этот показатель для СУГ меньше, чем у бензина и дизельного топлива – 434,2 грн/ГДж. Следует отметить, что электричество имеет наибольшую стоимость энергии (833,3 грн/ГДж), но это компенсируется более высоким КПД электроприводов по сравнению с двигателями внутреннего сгорания. В настоящее время по техническим, экономическим и логистическим причинам, предпочтение отдается СУГ и дизельному топливу. Расчеты показывают, что использование СУГ к снижению затрат на топливо в среднем на 0,67 грн/кВтч, что составляет 6,89% от стоимости дизельного топлива. Эффективность использования электроэнергии из электросистемы является предметом дальнейших исследований.

с. Система охлаждения

Вентилятор системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания потребляет от 5% до 10% номинальной мощности двигателя [8]. Отключение вентилятора позволяет снизить мощность, потребляемую системами двигателя и, следовательно, расход топлива. Воду си-

стемы орошения можно использовать для охлаждения двигателя через водо-водяной теплообменник. Эта система включает следующие основные компоненты: электрическая муфта привода вентилятора; трехходовые клапаны; водно-водяной теплообменник; датчик давления.

Предлагаемая система работает следующим образом. После запуска двигателя, система охлаждения использует штатный вентилятор охлаждения. При повышении давления в магистральном водопроводе до 0,4 МПа, срабатывает клапан, и вода из основной системы полива подается в водо-водяной теплообменник. При этом электрическая муфта отключает вентилятор от двигателя, что приводит к снижению потребляемой двигателем мощности и снижению расхода топлива. Перед остановкой двигателя его система охлаждения переключается в штатный режим, то есть включается вентилятор системы охлаждения.

d. Гидропривод генератора

Для уменьшения расхода топлива дизель-генератором, возможно использование гидропривода генератора переменного тока [9]. Основная идея заключается в использовании энергии водяного потока оросительной системы для привода генератора. Однако в конструкции, которая предлагается в патенте отсутствует регулятор частоты вращения, что не позволяет получать электрический ток заданных параметров. Поэтому нами предлагается схема выработки электроэнергии с постоянной частотой тока. В данной схеме двигатель внутреннего сгорания работает параллельно с турбогенератором и его функцией является только стабилизации частоты вращения генератора. Вода для привода гидрогенератора подается штатным водяным насосом, который приводится в действие электродвигателем. Положительный экономический эффект достигается за счет применения электроэнергии, которая значительно дешевле, чем энергия, производимая тепловым двигателем из углеводородного топлива.

d. Использование сетевой электроэнергии для питания тяговых электродвигателей

Определим условия, при которых использование питания от электросети целесообразно. Рассмотрим два варианта, отличающиеся напряжением. В первом варианте используется напряжение сети 380 В. Во втором варианте используется более высокое напряжение (1000 В). Во втором варианте необходимо использование понижающего трансформатора [10]. Для анализа использовались следующие исходные данные: номинальная мощность - 20 кВт; коэффициент загрузки - 60%; годовая загрузка - 800 часов; потери в линии электропередач - <5%; тип электрических проводов - алюминиевый; цена на дизель-генератора – в диапазоне от 185 до 300 тыс. грн [11]. Расчеты показывают, что допустимые затраты на создание системы электроснабжения, для обеспечения срока окупаемости 3 года, не должны превышать 332-448 тыс. грн. Это возможно, если линия электропередачи не превышает 1000 м при напряжении $U = 380$ В и 2000 м при напряжении $U = 1000$ В.

e. Сравнение вариантов

Потенциальный средний экономический эффект различных вариантов модернизации составляет, грн/кВтч: использование СУГ – 0,67; отключение вентилятора системы охлаждения – 0,76; использование гидротурбины для привода генератора – 0,89; использование электроэнергии из сети – 5,12. Электроэнергия от электросети может дать лучший результат, однако это сильно зависит от стоимости линии электропередачи (материал и длина). Эффективность использования гидропривода противоречивое. Применение СУГ – это эффективная альтернатива, но она уступает в модернизации системы охлаждения. Дальнейшие исследования планируется провести с использованием полиномиального прогнозирования технических систем и выбросов парниковых газов.

Выводы

1. Основные энергосберегающие технологии ирригационных систем следующие: альтернативные топлива; замена обычной системы охлаждения двигателя на систему водяного охлаждения; использование водяной турбины для привода генератора переменного тока; и использование энергии с электрической сети.

2. Эффективность использования электроэнергии из электросети ограничивается потерями энергии при ее передаче.
3. Использование поливной воды для охлаждения двигателя вместо охлаждающего вентилятора позволяет уменьшить расход топлива на 5- 10 %. Экономичность этого способа превышает аналогичный показатель для двигателей, работающих на СУГ.
4. Применение гидропривода генератора может потенциально сэкономить до 50% ископаемого топлива. Однако, эта величина зависит от КПД каждого компонента системы.

Список литературных источников

- 1 Since 1995 in Ukraine the area of irrigated land has decreased by more than 70%. Available online: <https://www.unn.com.ua/uk/news/1535822-ploscha-zroshuvalnikh-zemel-v-ukrayini-za-15-rokiv-zmenshilasya-bilshe-nizh-na-70>
- 2 State Statistics Service of Ukraine, 2018, Crop production of Ukraine. Statistical yearbook, Available online: http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2019/zb/04/zb_rosl_2018.pdf.
- 3 Morozova, O.S., Morozov, O.V., Shaporinskaya, N.M., Voloshin, N.N. Irrigation in the Kherson region: the current state and development problems. *Business Navigator*, Выпуск 3-1 (52) 2019. P. 94-100. Available online: http://business-navigator.ks.ua/journals/2019/52_1_2019/21.pdf
- 4 Levidow, L., Zaccaria, D., Maia, R., Vivas, E., Todorovic, M., Scardigno, A. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management* **2014**, 146, 84–94. doi: 10.1016/j.agwat.2014.07.012
- 5 Qing-tao, Z., Qing, X., Clark, C. K. L., Geng, S. Technologies for Efficient Use of Irrigation Water and Energy in China. *Journal of Integrative Agriculture* **2013**, 12(8): 1363-1370. doi:10.1016/S2095-3119(13)60544-4
- 6 Antonyuk, A.V. Main technical performance multitower springling machines «Zimmatic». *SWorld* – 19-26 April 2016. Available online: <https://sworld.com.ua/konferm3/101.pdf>
- 7 Kalinichenko, A., Havrysh, V., Atamanyuk, I. The Acceptable Alternative Vehicle Fuel Price. *Energies* **2019**, 12, 3889; doi:10.3390/en12203889.
- 8 Sandu, V. Experimental study of diesel engine fitted with visco fan drive. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov* **2016**, Vol. 9 (58) No. 1. Available online: http://webbut.unitbv.ro/BU2016/Series%20I/2016/BULETIN%20I%20PDF/Sandu_V.pdf
- 9 *Patent of Ukraine № 65945*. Sprinkler system / Y.I. Gryn, A.V. Antonyuk. 2011, №24. Available online: <http://uapatents.com/?search=65945&type=number>.
- 10 Stavinskii, A.; Shebanin, V.; Avdieieva, E., Sadovoy, O.; Vakhonina, L.; Tsyganov, A. Axial Asynchronous Motor With A Rotor Two-section Cone-cylindrical Magnetic Circuit. *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*, 23-25 September **2019**, Kremenchuk, Ukraine, DOI: 10.1109/MEES.2019.8896477
- 11 Cabling. Energoport service. Available online: <http://energoport.org.ua/elektromontazhnye-raboty-v-xarkove/prokladka-kabelya-v-xarkove-cena-na-montazhnye-raboty/>