

УДК 621.311.243

Н.С. ПИТЕРСКИЙ, студент гр. ИТЭС-23(м) (СФМЭИ)
Научный руководитель **Е.С. АНДРЕЕНКОВ**, к.т.н., доцент (СФМЭИ)
г. Смоленск

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОЛИВА С СОЛНЕЧНЫМ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПИТАНИЕМ

Самая простая фотоэлектрической система — это система, в которой к одному или нескольким фотоэлектрическим модулям непосредственно подключается нагрузка постоянного тока (Рисунок 1). В такой системе отсутствуют дорогостоящие контроллеры, отслеживающие уровень выдаваемой в сеть мощности, а также еще более дорогостоящие преобразователи. Очевидным достоинством этой схемы является ее простота, однако это достоинство накладывает ряд ограничений на сферы её применения, поскольку большинство современных электроприемников не могут работать напрямую от солнечных панелей, так как система является нерегулируемой и выходная мощность модулей непостоянна из-за изменения интенсивности солнечного излучения. Кроме того, в системе не предусмотрено резервное питание или наличие аккумуляторов для обеспечения питания в ночное время.

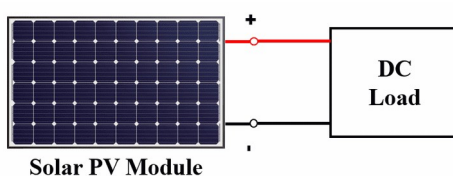


Рис.1. Простейшая система питания от солнечной панели

В связи с обозначенными особенностями системы прямого питания от солнечных панелей имеют достаточно узкую область применения. По мнению авторов, одной из возможных областей применения такой схемы питания может быть область ирригационного хозяйства. Так водяные насосы постоянного тока с прямым питанием от солнечных панелей можно использовать для эффективной транспортировки воды из колодца, резервуаров для хранения, прудов или других источников. Они хорошо подойдут для орошения, купания скота, птиц и других применений в сельском хозяйстве, являясь отличной альтернативой традиционным водяным насосам.

Несмотря на общую простоту построения системы накопления воды (Рисунок 2), актуальной является проблема в согласовании

номинальной мощности и напряжения фотоэлектрического модуля с номинальной мощностью и напряжением двигателя насоса. В данной работе предлагается рассмотреть методику выбора мощности солнечных модулей и насосной станции.

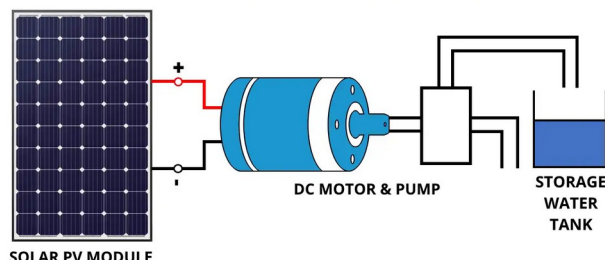


Рис.2. Система полива с солнечным фотоэлектрическим питанием

Для привода насоса может быть использован двигатель переменного тока, но такое решение значительно усложняет, и соответственно удорожает схему, так как при этом потребуются установка дорогостоящих инверторов (DC /AC) для преобразования энергии постоянного тока, в переменный. Поэтому в дальнейшем рассматривается вариант только с двигателем постоянного тока.

При проектировании автономной системы полива с питанием насоса постоянного тока от солнечных панелей необходимо ввести следующие понятия:

Суточная потребность в воде ($\text{м}^3/\text{день}$). Потребность в воде может меняться ежедневно, ежемесячно и в зависимости от сезона. Дневная потребность в воде определяет размеры и стоимость системы. Если она непостоянна, то для расчетов можно принять среднее значение за неделю или месяц с учетом максимальной потребности.

Общий динамический напор (TDH) (метров). Это важнейший параметр при проектировании насосной системы, отражающий эффективное давление, при котором должен работать водяной насос. TDH имеет два подпараметра: общая вертикальная подъемная сила; общие потери на трение.

Общая вертикальная подъемная сила представляет собой сумму трех параметров: высота подъема, уровень и просадка (рисунке 3).

- Высота подъема – разница между землей и высотой, на которой должна быть сброшена вода.
- Уровень – разница между уровнем воды в колодце и на поверхности земли.
- Просадка – высота, на которую уменьшается уровень воды из-за откачки.

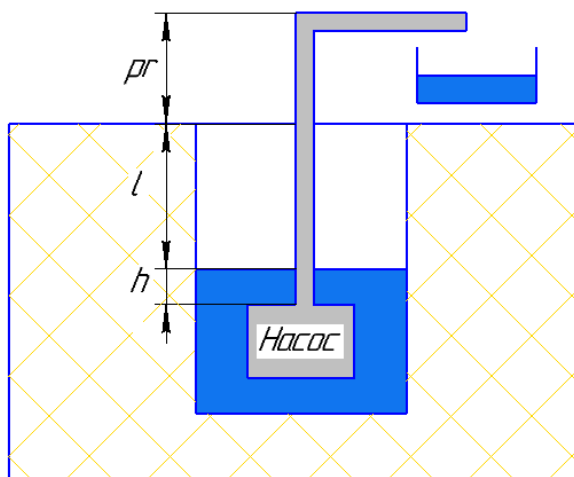


Рис. 3. Схема водоснабжения

Потери на трение (метров). Это давление, необходимое для преодоления трения в трубе между выходом водяного насоса и точкой выхода воды. Оно добавляется к общей вертикальной высоте для получения значения общего динамического напора (TDH) и также измеряется в метрах. Потери на трение зависят от множества факторов, таких как размер трубы, тип фитингов, наличие воздуха в трубе, количество изгибов, скорость потока и т. д. Если точка сброса воды находится близко к колодцу, то для расчетов можно использовать приближенное значение потерь. Например, если точка сброса находится в пределах 10 м от скважины, потери на трение принимаются равными 5 % от общей вертикальной подъемной силы.

В качестве объекта исследования рассмотрим систему полива со следующими данными. Необходимо ежедневно наполнять бак воды объемом $V=50\text{ м}^3$, с глубины $gl=20\text{ м}$. Высота, уровень стоячей воды и просадка составляют $h=10\text{ м}$, $l=10\text{ м}$ и $pr=4\text{ м}$ соответственно. Плотность воды принимаем $\rho=1000\text{ кг/м}^3$, а ускорение свободного падения $g=10\text{ м/с}^2$. Пиковая мощность солнечного модуля составляет $P_{\text{пик}}=36\text{ Вт}$. Поскольку модули не работают с номинальной пиковой мощностью, учитываем коэффициент работы $k_{\text{раб}}=0.75$, а коэффициент несоответствия $k_{\text{нс}}=0.85$. Обратим внимание, что коэффициент несоответствия следует принимать равным 1 при использовании контроллера заряда, но в данном примере контроллер не используется, поскольку мы напрямую подключаем фотоэлектрические модули к двигателю насоса постоянного тока. КПД насоса составляет около 40% ($\eta_n=0.4$).

Проектирование системы можно выполнить в пять этапов следующим образом:

Этап 1: Определим суточную потребности в воде в ($\text{м}^3/\text{день}$):

$$V_{\text{сум}} = 50 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}} \quad (1)$$

Этап 2. Рассчитаем общий динамический напор (TDH), необходимый для перекачки воды. Для этого необходимо рассчитать общую высоту подъема воды h' , которая будет складываться следующим образом:

$$h' = h + l + pr = 10 \text{ м} + 10 \text{ м} + 4 \text{ м} = 24 \text{ м} \quad (2)$$

Учтем потери на трение, о которых упоминалось ранее:

$$\Delta h = 0.05 h' = 0.05 \cdot 24 \text{ м} = 1.2 \text{ м} \quad (3)$$

Рассчитаем динамический напор с учетом потерь на трение:

$$TDH = \Delta h + h' = 1.2 \text{ м} + 24 \text{ м} = 25.2 \text{ м} \quad (4)$$

Этап 3: Рассчитаем общую гидравлическую энергию, необходимую в день (Вт·ч/сут) для перекачки воды:

$$Wg = \rho g V_{\text{сум}} TDH = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot \frac{50 \text{ м}^3}{\text{сут}} \cdot 25.2 \text{ м} \cdot \frac{1}{3600 \text{ с}} = 3500 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{сут}} \quad (5)$$

Этап 4: Рассчитаем солнечную радиацию на участке.

Например, для Смоленской области доступное на объекте количество часов пиковой солнечной радиации (1000 Вт/м^2) равняется $t = 6 \text{ ч}$.

Этап 5: Рассчитаем размер и необходимое количество фотоэлектрических модулей, а также мощность двигателя.

Общую мощность фотоэлектрической панели можно рассчитать по следующей формуле:

$$P_{\text{сум}_{\text{сум}}} = \frac{Wg}{t} = \frac{3500 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{сут}}}{6 \text{ ч}} = 583 \frac{\text{Вт}}{\text{сут}} \quad (6)$$

Учтя КПД насоса η_n , влияние рабочего коэффициента $k_{\text{раб}}$ и коэффициента несоответствия $k_{\text{нс}}$, найдем необходимую мощность, которую должны вырабатывать солнечные панели за сутки:

$$P'_{\text{сум}_{\text{сум}}} = \frac{P_{\text{сум}}}{\eta_n k_{\text{раб}} k_{\text{нс}}} = \frac{583 \frac{\text{Вт}}{\text{сут}}}{0.4 \cdot 0.75 \cdot 0.85} \approx 2286 \frac{\text{Вт}}{\text{сут}} = P_{\text{необх}} = 2286 \text{ Вт} \quad (7)$$

Найдем количество фотоэлектрических панелей:

$$N = \frac{P_{\text{необх.}}}{P_{\text{пик}}} = \frac{2286 \text{ Вт}}{36 \text{ Вт}} = 64 \text{ шт} \quad (8)$$

В свою очередь мощность насоса: $P_{\text{насоса}} = P_{\text{необх}} \approx 2.3 \text{ кВт}$

Таким образом в данной была рассмотрена методика выбора мощности солнечных модулей и насосной станции для построения автономной системы полива. Основным достоинством данной системы является максимальная простота, и низкая стоимость.

Список литературы:

1. Жабеева В.А. Выбор солнечных панелей // Теория и практика современной науки. 2020. №6 (60).

2. Штым А.С, Журмилов А.А. Научно-исследовательская установка на базе солнечных коллекторов и теплового насоса // Вестник ИШ ДВФУ. 2010. №2

Информация об авторах:

Питерский Никита Сергеевич гр.ИТЭС-23(м), Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленск, 214000, г.Смоленск, Энергетический пр., 1.
9pitpit9@gmail.com

Андреевков Евгений Сергеевич, к.т.н., Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленск, 214000, г.Смоленск, Энергетический пр., 1.
root67@mail.ru