

## РАБОТА ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А.А. Чурилов, А.А. Куренбин, С.Р. Курбонов  
МАОУ гимназия №12 г. Томск

### Введение

В настоящее время в науке делается все больший упор на возобновляемые источники энергии. Таким источником энергии является солнечный свет. Использование данного типа энергии актуально как для удаленных потребителей, так и для автономной работы некоторых агрегатов. В частности, такими устройствами могут быть фотоэлектрические вентиляторы, которые бы работали для охлаждения теплиц в солнечную жаркую погоду.

Цель данной работы – показать физические принципы работы фотоэлектрических двигателей (ФЭД). Основанием для рассмотрения этих двигателей, является тот факт, что в них отсутствует щеточная система, а также инвертор постоянного тока в переменный. Для простоты, будут описаны элементарные ФЭД, имеющие одну фазу и два полюса (два зубца статора и два зубца ротора). Очевидно, что двигатели с тремя и более фазами и большим количеством полюсов (или зубцов ротора) имеют большее практическое применение, благодаря увеличенному крутящему моменту и облегченному самозапуску. На всех рисунках, буквы НВ (направление вращения) обозначают направление вращения против часовой стрелки.

### Однополярный фотоэлектрический синхронный двигатель с постоянными магнитами

Первые конструкции однополярного фотоэлектрического синхронного двигателя с постоянными магнитами (СДПМ) предложили и запатентовали Edward Hall в 1945 г. [1] и Sepp Braeutigam в 1967 г [2]. Они состояли из СДПМ, одной фотогальванической ячейки (PV1) и затвора (рисунок 1 а). СДПМ представляет собой однофазную двухполюсную машину с немагнитными зубьями, постоянный магнит у которой находится на роторе. Однофазная катушка якоря с подключенным к ней фотоэлементом расположены на статоре. Данный вид двигателя является однополярным, поскольку направление тока в катушке остается постоянным.

Пошаговая работа двигателя данного типа показана на рисунке 2. Предполагается, что начальный угол ротора находится в пределах от  $0^{\circ}$  до  $180^{\circ}$ , в результате чего, затвор позволяет попасть свету на PV1. В свою очередь, PV1 создает ток  $i$ , который намагничивает катушку якоря, что приводит к тому, что ротор начинает вращаться под действием силы отталкивания и притяжения. После поворота на  $180^{\circ}$ , затвор закрывается, и свет перестает попадать на PV1, в результате чего ток  $i$  становится равным нулю, как и намагниченность катушки якоря. После  $180^{\circ}$  на ротор действует тормозной момент. При достаточной инерции он продолжает свое вращение до тех пор, пока не достигнет положения в  $360^{\circ}$ , где затвор снова откроется. Таким образом, положительный крутящий момент генерируется с перерывами.

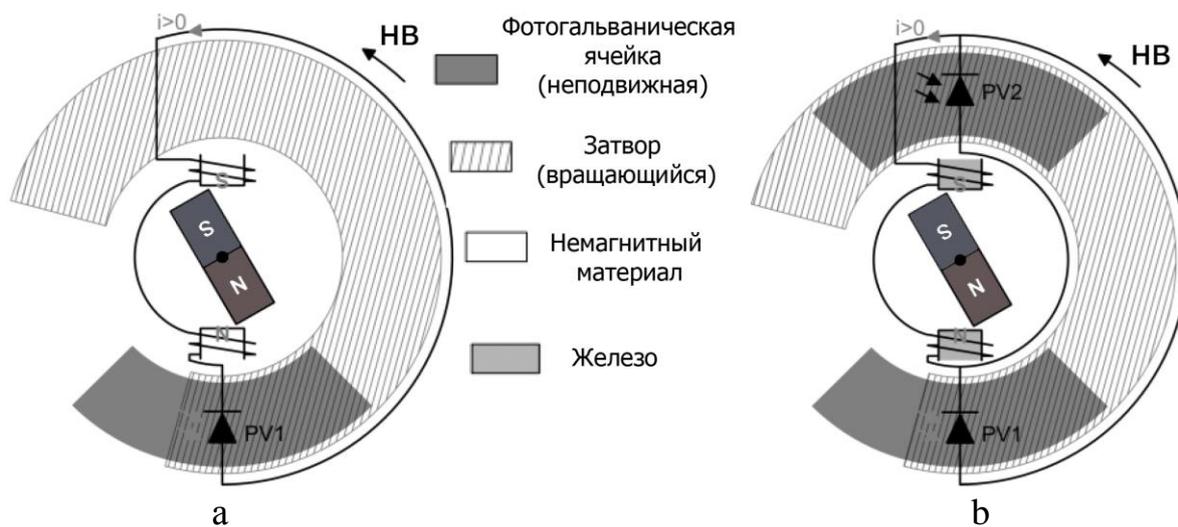


Рис. 1. Фотоэлектрический СДПМ. а – однополярный, б - биполярный.

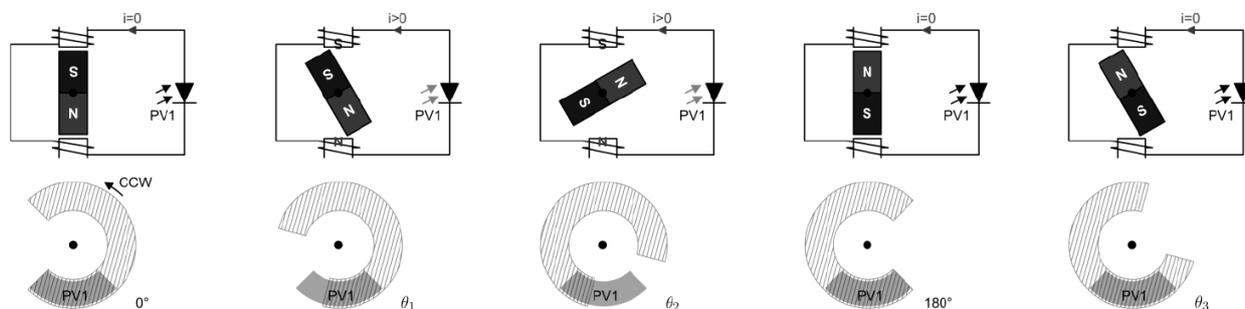


Рис. 2. Принцип работы однополярного фотоэлектрического СДПМ.

### Биполярный фотоэлектрический синхронный двигатель с постоянными магнитами

Конструкции данного типа двигателя появились немного позже чем однополярного. Патенты на конструкции принадлежат таким ученым как Y. Nakamatsu [3], H. Izawa [4], G.J. Shea [5], W.A. Marrison [6]. Они состояли из СДПМ, двух фотогальванических элементов (PV1 и PV2) и затвора (рисунок 1 б). СДПМ в данном случае представляет собой однофазную двухполюсную машину с магнитными зубьями, постоянный магнит у которой находится на роторе. Однофазная катушка якоря с подключенным к ней встречно-параллельно фотоэлементами расположены на статоре. Данный вид двигателя является биполярным, поскольку направление тока в катушке изменяется.

Пошаговая работа двигателя данного типа показана на рисунке 3. Предполагается, что начальный угол ротора находится в пределах от  $0^{\circ}$  до  $180^{\circ}$ , в результате чего, затвор позволяет попасть свету на PV1, но блокирует PV2. PV1 создает ток  $i$ , который намагничивает катушку якоря, что приводит к тому, что ротор начинает вращаться под действием силы отталкивания и притяжения. После поворота на  $180^{\circ}$ , затвор блокирует PV1, но открывает PV2. Ток  $i$  меняет свое направление, а вместе с этим меняется и полярность катушек якоря. В результате этого, ротор продолжает вращение под действием сил, воздействующих на него. Таким образом, положительный крутящий момент действует на ротор непрерывно.

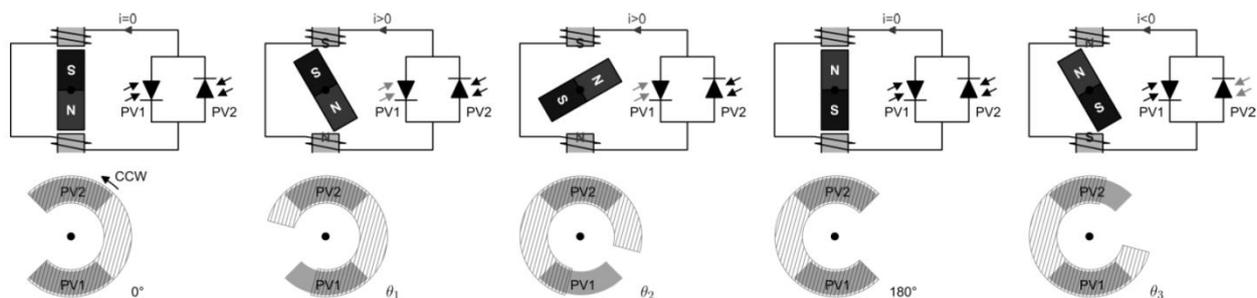


Рис. 3. Принцип работы биполярного фотоэлектрического СДПМ.

### Фотоэлектрический вентильный реактивный двигатель

Фотоэлектрический вентильный реактивный двигатель (ВРД) был предложен А. Сoty в 2012 г. [7]. Он состоял из ВРД, одной гальванической ячейки PV1 и затвора (рисунок 4). DHL в свою очередь представляет собой однофазную машину с двумя зубцами статора и двумя зубцами ротора. Однофазная катушка якоря с подключенным к ней фотоэлементом расположены на статоре.

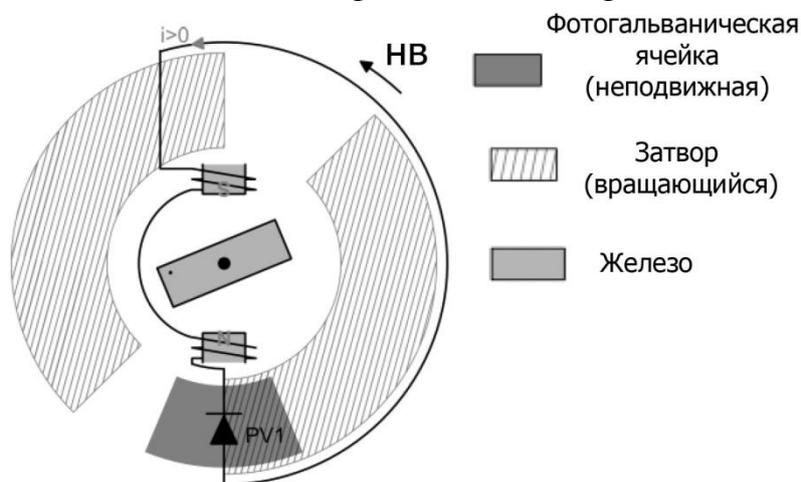


Рис. 4. Фотоэлектрический ВРД

Пошаговая работа двигателя данного типа показана на рисунке 5. Предполагается, что начальный угол ротора находится в пределах от  $0^0$  до  $90^0$ , в результате чего, затвор позволяет попасть свету на PV1. В свою очередь, PV1 создает ток  $i$ , который намагничивает катушку якоря. За счет стремления ротора скомпенсировать изменение магнитного потока, он начинает поворачиваться стремясь занять положение, при котором магнитный поток статора будет проходить по оси ротора. После поворота на  $90^0$ , затвор закрывается и свет перестает попадать на PV1, в результате чего, ток  $i$  становится равным нулю, как и намагниченность катушки якоря. После  $90^0$  на ротор действует тормозной момент. При достаточной инерции он продолжает свое вращение пока не достигнет положения в  $180^0$ , где затвор снова откроется. Таким образом, положительный крутящий момент генерируется с перерывами.

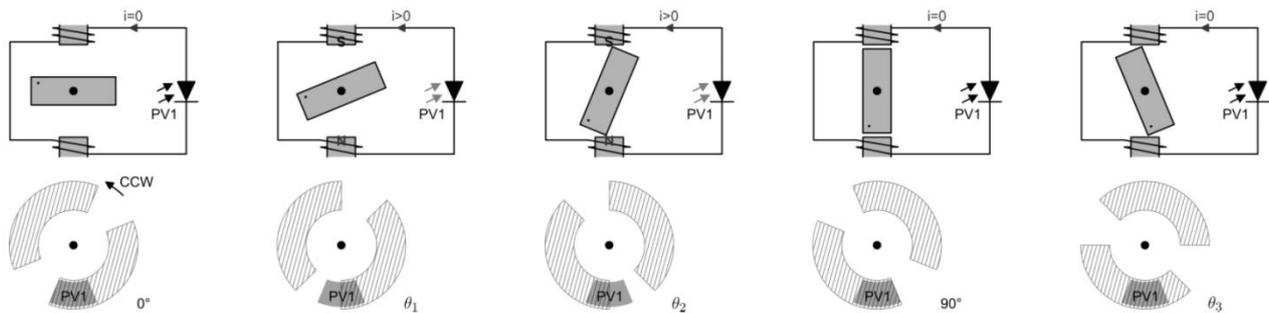


Рис. 5. Принцип работы фотоэлектрического ВРД.

Стоит отметить, что существуют и другие виды ФЭД, предложенные такими учеными как: Н. Izawa в 1997 г. [8], Y. Morikawa в 2002 г. [9] и L. Petru с С. Ungureanu в 2005г. [10].

Данные двигатели не рассматривались в этой работе, поскольку они имеют низкие эксплуатационные характеристики или высокую сложность конструкции.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. E.T. Hall, Solar motor, U.S. Patent: 3 296 469, issued date Jan. 3, 1967.
2. S. Braeutigam, Rotating advertising device, U.S. Patent: 3 325 930, issued date June 20, 1967
3. Y. Nakamatsu, Apparatus for converting radiant energy such as light or heat directly into turning force, U.S. Patent: 4 634 343, issued date Jan. 6, 1987
4. H. Izawa, Solar energy motor, U.S. Patent: 4 751 413, issued date June 14, 1988
5. G.J. Shea, Solar energy magnetic resonance motor, U.S. Patent: 5 408 167, issued date April 18, 1995.
6. W.A. Marrison, Apparatus for converting radiant energy to electromechanical energy, U.S. Patent: 2 919 358, issued date Dec. 29, 1959.
7. A. Coty, Automatically switched photovoltaic motor, EU. Patent: 2 380 261, issued date Jul. 20, 2012.
8. H. Izawa, Photovoltaic drive motor, U.S. Patent: 5 610 459, issued date Mar. 11, 1997
9. Y. Morikawa, Optical actuator, U.S. Patent: 6 342 671, issued date Jan. 29, 2002.
10. L. Petru, C. Ungureanu, Contribution concerning the building of some solar-electric engines. The solar-electric engine with the rolling rotor, Symposium on Unconventional Electrical Machines (ELS 2005), Suceava, Romania, Sept. 2005

Научный руководитель: В.В. Гречушников, ассистент каф. ЭЭС ЭНИН ТПУ.