

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В.Я. Федянин, М.Г. Зуев, М.В. Карпов

Как известно, одно из основных условий эффективного использования нетрадиционных источников энергии (солнца и ветра и др.) является резервирование их энергии из-за существенно неравномерного режима генерирования. Резервирование электроэнергии, выработанной фотоэлектрической установкой, осуществляется с помощью зарядного устройства в аккумуляторных батареях. Выбор оптимального значения емкости аккумуляторной батареи определяется путем компьютерного моделирования энергетических процессов в системе фотоэлектрические модули – аккумуляторная батарея – потребители электроэнергии. Резервируемая в аккумуляторах энергия должна обеспечить график нагрузок в паузе, характеризуемой отсутствием притока электроэнергии. При этом следует учесть, что с точки зрения повышения срока службы аккумуляторов разряд батареи не должен превышать заданной величины (30 – 50% от запасенной энергии). Недостаток электроэнергии, вырабатываемой фотоэлектрическими модулями, для обеспечения бесперебойной работы потребителей компенсируется выработкой электроэнергии мотор-генератором. Принципиальная схема

фотоэлектрической системы приведена на рис. 1.

Компьютерное моделирование режимов работы фотоэлектрической системы, изображенной на рис. 1, производилось на основе теоретической модели, учитывающей вероятностный характер значений солнечной радиации, угловую ориентацию и географическое место расположения фотоэлектрической установки.

Параметры фотоэлектрических модулей (номинальная мощность при стандартных условиях облучения, рабочее напряжение, габаритные размеры, характеристики зарядного устройства, инвертора и др.) учитываются в соответствии с технической документацией предприятий-изготовителей.

Установленная мощность и график работы установок, потребляющих электроэнергию, учитываются в соответствии с данными, представляемыми заказчиком оборудования. Компьютерная реализация комплексной теоретической модели была проведена с помощью специальной программы PVS 2000. Результаты приведены для конкретного объекта – экспериментального энергоавтономного здания, строящегося в г. Барнауле. [1]

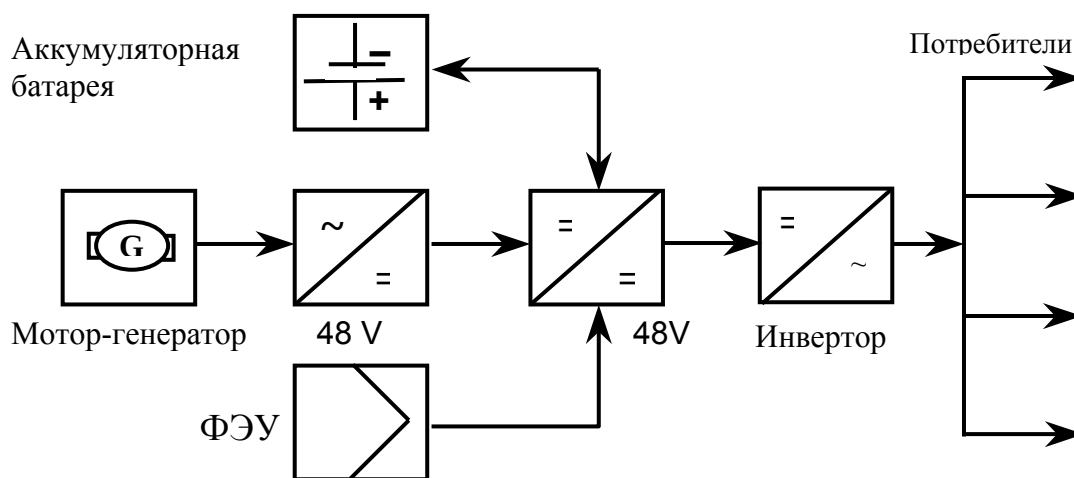


Рис 1. Принципиальная схема фотоэлектрической системы

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

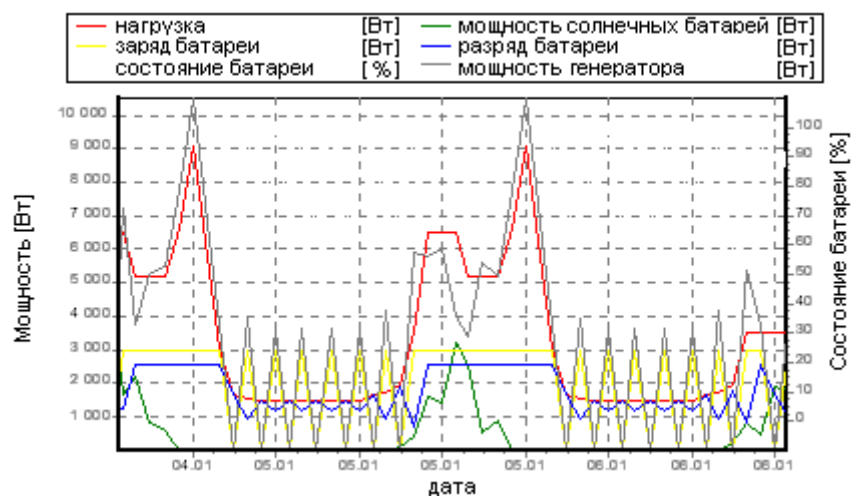


Рис.2. График заряда-разряда аккумуляторной батареи

Выбор величины зарядной емкости определяется двумя факторами, которые в любом случае следует учитывать. С одной стороны – это цена, с другой – надежность и долговечность. Дело в том, что чем меньше емкость батареи, тем больше батарея должна совершить зарядно-разрядных циклов для обеспечения своего главного назначения – осуществлять накопление энергии. К одной из главных характеристик, определяющих долговечность работы батареи, относится число таких циклов, поэтому как следствие падает срок службы. Наглядным примером в подтверждение этому может служить рисунок 2, где приведены графики заряда – разряда АБ емкостью 90 А·ч. Из графиков видно, что батарея в течение суток совершает несколько циклов «заряд-разряд» (≈ 6).

С другой стороны, любое увеличение емкости ведет к увеличению стоимости АБ.

При выборе оптимального значения зарядной емкости батареи необходимо учесть

еще один показатель – величину энергии, выработанной мотор-генератором.

На основании этих соображений была проведена серия расчетов с разными значениями емкостей и установлена обратная зависимость между емкостью батареи и количеством энергии, которую необходимо вырабатывать в дополнение к полученной с помощью солнечных батарей и накопленной аккумуляторами. Причем более выраженная зависимость наблюдается лишь на начальном участке графика (рис.3) до значения, примерно равного 1100–1300 А·ч. При дальнейшем повышении емкости больше, чем необходимо в среднем для обеспечения энергией на одни сутки (1300 А·ч или иначе 62,4 кВт·ч), эта тенденция прекращается и дальнейшее увеличение емкости не ведет к существенному уменьшению дополнительно требуемой энергии.

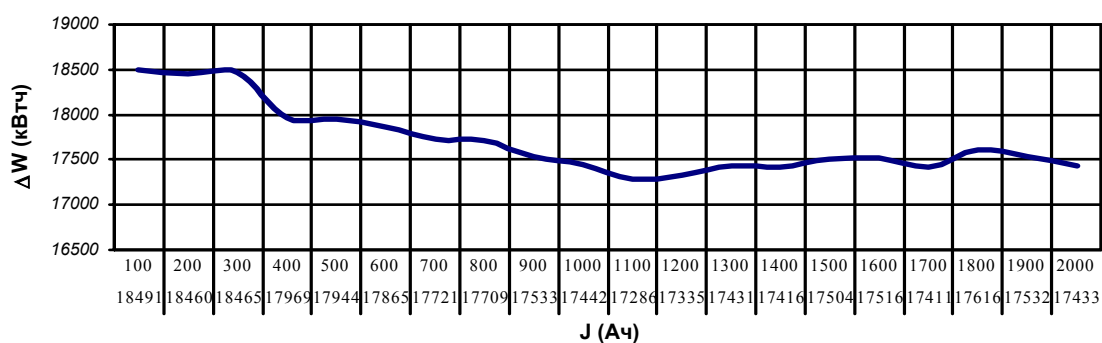


Рис. 3. График зависимости между емкостью батареи и количеством дополнительной энергии

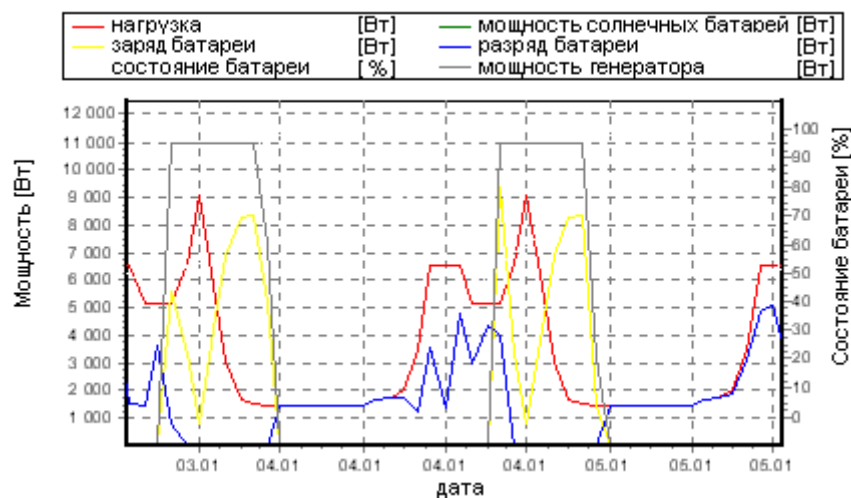


Рисунок 4. Среднегодовое ежесуточное потребление электроэнергии

На основании этих расчетов может быть выбран наиболее оптимальный вариант, когда емкость батареи обеспечивала бы такую ее работу, при которой в наиболее загруженные дни (зимние, рабочие) совершалось бы около одного цикла «заряд-разряд». В нашем случае эта емкость примерно равна среднегодовому ежесуточному потреблению электроэнергии - 1300 Ач (см. рис. 4). Очень важен выбор типа аккумуляторных батарей.

Основные параметры различных АБ (в расчете на один элемент) приведены в таблице 1. Необходимо отметить, что приведенные в таблице параметры ориентированы в основном на достигнутый современный уровень показателей АБ. Имеются данные по дальнейшему улучшению параметров АБ:

существенному повышению ресурса, увеличению удельной энергии. Например, в перспективе предполагается поднять для серно-натриевых АБ показатель $W_{уд} \geq 720$ кДж/кг и ресурс до 2000 циклов «заряд-разряд». Проводятся экспериментальные разработки АБ на других активных веществах, в частности, в создаваемых хлорно-цинковых АБ ожидается удельная энергия $W_{уд} \approx 550$ кДж/кг и ресурс порядка 2000 циклов.

Аккумуляторная батарея представляет собой соединение аккумуляторных элементов. Электрическая схема приведена на рисунке 5 в виде группы одинаковых элементов, включенных последовательно-параллельным способом.

Таблица 1

Основные параметры различных аккумуляторных батарей

Тип АБ	Начальная ЭДС элемента, В	Среднее рабочее напряжение, В	Удельная энергия, кДж/кг	Удельная мощность, кВт/кг	Ресурс (число циклов «заряд-разряд»)	Стоимость у.е.
Свинцово-кислотная	2,6	1,95	120	0,2	300	1,0
Никель-кадмиевая щелочная	1,38	1,25	240	0,3	1000	6,0
Серебряно-цинковая щелочная	1,40	1,39	360	0,8	50	20
Серно-натриевая	2,02	1,87	540	—	200	—
Серебряно-магниево-водоактивируемая	1,75	1,25	450	—	—	30

Примечание: Для большинства типов АБ указаны средние параметры, относящиеся к 5-часовому разрядному режиму при температуре $T=298$ К. Данные для водоактивируемой АБ относятся к кратковременному режиму ее разряда.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ
НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

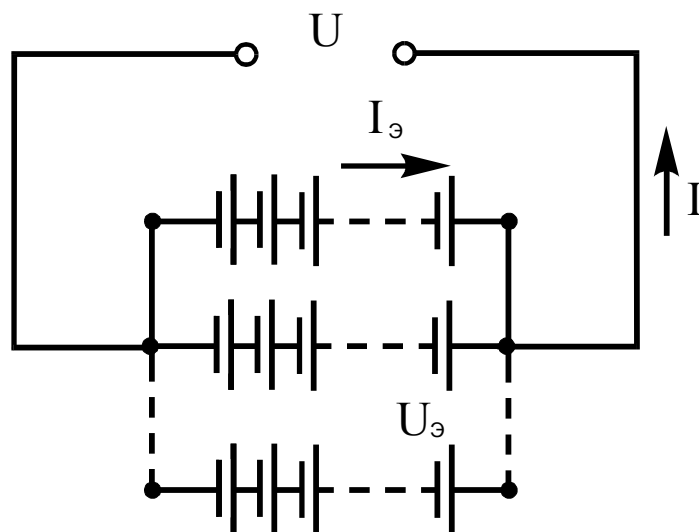


Рисунок 5. Электрическая схема соединения аккумуляторных элементов

Число элементов в каждой горизонтальной ветви $a = U_{ном} / U_э$ зависит от номинального напряжения батареи $U_{ном}$ (АБ должна обеспечить номинальное напряжение, равное 48В) и напряжения отдельного элемента $U_э$ (берется из паспортных данных). Требуемое число параллельных ветвей $b = I_{ном} / I_э$ определяется номинальным током электрохимического накопителя $I_{ном}$ и током отдельного элемента $I_э$.

Данные таблицы 1. показывают, что практически на текущий момент необходимо выбирать из двух вариантов:

- свинцово-кислотные стационарные типа С-2÷С-148 (СК-2÷СК-148);
- щелочные никель-кадмиевые стационарные типа НК-80÷НК-125.

Достоинство первого варианта – относительно низкая стоимость. Однако необходимо учесть, что при эксплуатации свинцово-кислотных аккумуляторных батарей необходимо выполнять ряд условий:

- АБ недопустимо разряжать полностью или оставлять частично заряженной в течение длительного промежутка времени, ее необходимо заряжать как можно раньше после окончания режима разряда. Строгое соблюдение этого условия способствует увеличению ресурса аб;
- если свинцово-кислотная АБ перезаряжена, то активное вещество положительных электродов может разрыхлиться. В недозаряженной АБ имеет место пониженная емкость, что приводит к увеличению скорости

водорода и явлению сульфатации электродов, избыток серы на которых затем очень трудно устранить.

Щелочные никель-кадмиевые АБ мало критичны к перезаряду, если он не сопровождается повышением температуры более 318°K (45°С). Если $T > 298^\circ\text{K}$, то происходит саморазряд и емкость АБ несколько уменьшается. В разряженном состоянии эти АБ могут храниться достаточно долго без каких-либо изменений, после чего легко заряжаются. Срок службы их достигает 10 лет. Основные достоинства этого варианта – малый саморазряд и отсутствие выделения газов, что делает этот вариант более предпочтительным. Основные характеристики никель-кадмиевых щелочных аккумуляторов приведены в таблице 2.

В результате рассмотрения характеристик различных типов батарей был сделан вывод, что целесообразнее всего применять готовые сборные аккумуляторные батареи типа 4НК-125КТ (число аккумуляторов 4; номинальное напряжение 5,0В; номинальная емкость 125 А·ч; батареи смонтированы в металлическом каркасе с выводными контактами, расположенными на торцевой стороне). Схема электрического соединения таких батарей изображена на рисунке 5, где число элементов в одной параллельной цепи равно 10 ($5 \cdot 10 = 50\text{В}$), и число таких цепей тоже равно 10 ($125 \cdot 10 = 12500\text{А} \cdot \text{ч}$).

Таблица 2

Основные характеристики ламельных НК аккумуляторов (ГОСТ 9240–71)

Характеристики		Тип			
		НК-28	НК-55	НК-80	НК-125
Габариты:					
ширина	мм	34	55	47	72
длина	мм	107	107	130	130
высота	мм	216	216	352	352
Масса с электролитом	кг	1,69	2,78	4,46	6,60
Номинальное напряжение	В	1,25	1,25	1,25	1,25
Номинальная емкость	А·ч	28	55	80	125
Ток разряда (номинальный)	А	2,75	5,65	7,5	12,5
Конечное напряжение	В	1,0	1,0	1,0	1,0
Длительность разряда	ч	10	10	10	10
Номинальный зарядный ток	А	7,0	14,0	20	31
Длительность заряда	ч	6	6	6	6
Кол-во электролита	л	0,27	0,45	0,75	1,2
Остаточная емкость после 30 суток саморазряда	А·ч	21	42	57	95
Гарантированный срок службы	цикл	1000	1000	1000	1000
Гарантийный срок годности (хранения)	месяц	60	60	60	60

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федянин В.Я. Комбинированная автономная энергосистема с использованием ВИЭ для юга Западной Сибири // Возобновляемая Энергия. 1998. №4 С. 42-44