

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛИ ЗАМЕЩАЕМОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ РАЗДЕЛЬНОМ И СОВМЕСТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОЛНЕЧНОЙ И ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГИИ

С.К. Шерьязов

Энергоснабжение потребителей в настоящее время основано на использовании органического топлива. Ограниченные запасы топливно-энергетических ресурсов и рост затрат на их использование создают определенные сложности в энергообеспечении потребителей.

Для эффективного энергообеспечения сельскохозяйственных потребителей необходимо совершенствовать существующие системы энергоснабжения путем использования возобновляемых источников (ВИЭ). Из числа ВИЭ наиболее перспективными являются солнечная и ветровая энергии.

Для энергообеспечения потребителей создается система комплексного энергоснабжения (СКЭ) с использованием ВИЭ. Для данной системы необходимо минимизировать затраты на энергоснабжение [1]

$$\tilde{n} = \tilde{n}_a f + c_{\delta}(1 - f), \quad (1)$$

где c_b , c_t – соответственно стоимость энергии получаемого от возобновляемого и традиционного источников; f – коэффициент замещения, показывающий долю потребной энергии, замещаемой возобновляемым источником.

Эффективность СКЭ зависит от условий замещения потребной энергии. Доля замещаемой энергии является интегральным показателем, результатом согласования режимов поступления и потребления возобновляемой энергии после ее преобразования за расчетный период (год, сезон).

Доля замещаемой энергии зависит от случайного характера поступающей возобновляемой энергии. Учет поступающей энергии в вероятностной форме повышает объективность и надежность коэффициента замещения.

Для определения коэффициента замещения предложен метод, основанный на суточных показателях. В качестве основного показателя введен коэффициент энергообеспеченности $K_{об}$, показывающий долю суточной потребной энергии, обеспечиваемый за счет ВИЭ [2,3].

Гелио- и ветроэнергетические кадастры позволяют для каждого месяца установить интегральную обеспеченность суточной поступающей возобновляемой энергии и соответственно вырабатываемой энергии. По интегральной обеспеченности суточной выработки $p(Q_b)$ несложно определить время, в течение которого ожидается расчетно-

гарантированная энергия от ГЭУ или ВЭУ. Так, в течение i -го месяца

$$n_i = N_i \cdot p_i \cdot Q_a, \quad (2)$$

где N_i – число дней в месяце.

Доля замещаемой энергии в течение месяца зависит от продолжительности времени, когда ожидается гарантированная величина $K_{об}$:

$$f_i = \hat{E}_{i \hat{a} i} \frac{n_i}{N_i} \quad (3)$$

или

$$f_i = \hat{E}_{i \hat{a} i} \cdot p_i \cdot Q_a, \quad (4)$$

Интегральную обеспеченность вырабатываемой энергии можно представить энергетической характеристикой возобновляемой энергии. Когда рассматривается гелиоустановка, можно воспользоваться вероятностью продолжительности солнечного сияния $p(S)$, при которой ожидаются соответствующая выработка Q_b и коэффициент энергообеспечения, а при рассмотрении ВЭУ достаточно знать вероятность появления скорости ветра $p(v)$, обеспечивающей соответствующие показатели. Тогда коэффициент замещения

$$f = \hat{E}_{i \hat{a}} \delta(S \vee v). \quad (5)$$

По значению коэффициента замещения за месяц устанавливают долю замещаемой энергии за более длительный расчетный период:

$$f = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n f_{i,i} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{E}_{i \hat{a}, i} \cdot p_i \delta(v) \quad (6)$$

или при известных значениях коэффициента обеспеченности за сезон или год

$$f = \hat{E}_{i \hat{a}} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \delta(v) \quad (7)$$

Таким образом, для оценки эффективности энергообеспечения необходимо определить долю замещаемой энергии от ВИЭ по условию энергообеспечения потребителя в течение расчетного периода. Условия поступления источника энергии определяют по интегральной обеспеченности энергетических характеристик возобновляемой энергии.

Предложенная математическая модель

коэффициента замещения справедлива для условий, когда гелиоэнергетическая установка (ГЭУ) и ветроэнергетическая установка (ВЭУ) работают отдельно и не связаны между собой.

При совместной работе энергоустановки могут повлиять друг на друга. Тогда долю замещаемой энергии следует определить с учетом условий работы ГЭУ и ВЭУ в составе комплекса (ГВЭУ).

При совместном использовании ГЭУ и ВЭУ доля замещаемой энергии может отличаться от простой суммы коэффициентов замещения. Значение коэффициента замещения зависит от условий обеспечения суточной потребности энергоустановками ГЭУ и ВЭУ и режима совместного поступления ВИЭ.

В схеме ГВЭУ каждая установка обеспечивает определенную долю потребной энергии. При этом суточный коэффициент энергообеспечения ГВЭУ определяется из условия

$$\hat{E}_{ia}^{ay6} + \hat{E}_{ia}^{ay6} \leq 1. \quad (8)$$

Общее время работы ГЭУ или ВЭУ в течение месяца или года

$$N_{ay6} = N p \quad \text{или} \quad N_{ay6} = N p \quad (9)$$

В некоторые дни возможна совместная или раздельная работа ГЭУ и ВЭУ, когда отсутствует солнечная радиация или требуемая скорость ветра. Продолжительность совместной работы зависит от одновременного появления случайных энергетических характеристик солнечного сияния и скорости ветра. Ввиду их независимости, время совместной работы ГЭУ и ВЭУ определяется с учетом вероятности их одновременного появления.

$$p(S, v) = p(S)p(v). \quad (10)$$

Время, когда ожидается совместная работа ГЭУ и ВЭУ в составе комплекса:

$$n_{ay6} = N p(S, v). \quad (11)$$

Время раздельной работы установок в составе ГВЭУ можно определить исходя из общего времени работы:

$$N_{ay6}^{ay6} = N_{ay6} - n_{ay6} \quad \text{или} \quad N_{ay6}^{ay6} = N_{ay6} - n_{ay6}. \quad (12)$$

Тогда время работы энергетических установок в составе ГВЭУ в течение расчетного периода

$$N_{ay6}^{ay6} = N_{ay6}^{ay6} + N_{ay6}^{ay6} + n_{ay6} \quad (13)$$

или после несложных преобразований

$$N_{ay6}^{ay6} = N_{ay6} + N_{ay6} - n_{ay6}. \quad (14)$$

Время работы ГВЭУ в течение расчетного периода можно ожидать с определенной вероятностью. Тогда коэффициент замещения для гелиоветроэнергетического комплекса:

- если $\hat{E}_{ia}^{ay6} + \hat{E}_{ia}^{ay6} \leq 1$

$$f_{ay6} = \hat{E}_{ia}^{ay6} \quad \text{или} \quad \hat{E}_{ia}^{ay6} \quad (15)$$

- если $\hat{E}_{ia}^{ay6} + \hat{E}_{ia}^{ay6} > 1$,

$$f_{ay6} = \hat{E}_{ia}^{ay6} [S - p(S, v)] + \hat{E}_{ia}^{ay6} [(v) - p(S, v)] p(S, v) \quad (16)$$

или после несложных преобразований

$$f_{ay6} = \hat{E}_{ia}^{ay6} \quad \text{или} \quad \hat{E}_{ia}^{ay6} - (\hat{E}_{ia}^{ay6} + \hat{E}_{ia}^{ay6} - 1) p(S, v). \quad (17)$$

Таким образом, количество энергии замещаемой гелиоэнергетическим комплексом зависит от режимов выработки ГЭУ, ВЭУ и условий энергообеспечения суточной потребности.

В качестве примера рассмотрена возможность теплоснабжения сезонного потребителя в условиях Южного Урала. Результаты расчета приведены в таблице.

Таблица
Энергетические и экономические показатели системы энергоснабжения

Установка	При $c_r=2$ р./кВтч				При $c_r=3$ р./кВтч			
	$K_{об}$	f	c_b	c	$K_{об}$	f	c_b	c
ГЭУ	0,7	0,4	0,9	1,5	0,7	0,4	0,9	2,1
ВЭУ	0,5	0,2	1,2	1,8	0,5	0,2	1,2	2,6
ГВЭУ	1	0,6	-	1,4	1	0,6	-	1,9

(В таблице стоимость энергии в руб./кВтч)

Анализ данных показывает, что при совместной работе ГЭУ и ВЭУ стоимость энергии от СКЭ ниже, чем при их раздельной работе. Экономия топлива ожидается больше, в 1,5 раза, чем от ГЭУ и в 3 раза, чем от ВЭУ.

Рост стоимости энергии от традиционного источника на 1 руб./кВтч, приводит к росту цены от СКЭ на 0,5 руб./кВтч. Этот рост можно снизить путем выбора оптимальных параметров ГЭУ и ВЭУ.

ЛИТЕРАТУРА

- Шерьязов С.К. Обоснование эффективной системы энергоснабжения с использованием возобновляемой энергии // Ползуновский вестник, вып. 4, №2 / АлтГТУ. – Барнаул, 2006, с.434-439.
- Саплин Л.А., Шерьязов С.К., и др. Энергоснабжение сельскохозяйственных потребителей с использованием возобновляемых источников. // Учебное пособие. Челябинск: ЧГАУ, 2000. – 194с.
- Шерьязов С.К., Аверин А.А. Определение оптимального параметра гелио- и ветроэнергетической установки для энергоснабжения сельскохозяйственных потребителей // Вестник КрасГАУ, вып. 6, 2007, с. 214-221.