

$$P = c_p \rho S \frac{V^3}{2},$$

где c_p – коэффициент использования мощности потока

$$c_p = c_d a(1-a)^2.$$

Его максимальное значение соответствует $a = \frac{1}{3}$ и $c_d = 1,5$. Оно равно 0,22 по сравнению с максимальным значением этого коэффициента для горизонтально-осевого пропеллерного ветродвигателя, которое составляет 0,59. Некоторое повышение c_p возможно путем увеличения заполнения площади ветроколеса, применением направляющих аппаратов или одновременным применением силы сопротивления и подъемной силы.

Литература

1. Олешкевич, М.М., Лосяк, Ю.А. Нетрадиционные источники энергии: Учебно-методическое пособие для студентов вузов. – Минск: БГПА, 2001.

УДК 621.313

ПРОИЗВОДСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В XXI ВЕКЕ

Жебрик О.З.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ОЛЕШКЕВИЧ М.М.

Традиционные источники энергии – уголь, газ, нефть, ядерное топливо – во все возрастающих масштабах добываются и сжигаются для получения энергии на электростанциях и на транспорте.

В 1960 году добыча энергоресурсов в мире составила 5 млрд. т у.т.

В 1986 году добыто энергоресурсов более 10 млрд. т у.т., произведено около 10 триллионов кВт·ч электроэнергии, из них в СССР – 1,6 триллиона кВт·ч, в Беларуси 0,035 триллиона кВт·ч (потребление – 0,05 триллиона). На топливосжигающих электростанциях мира произведено 63,7 % энергии, на ГЭС 20,4 %, на АЭС 15,3 %, на Гео-ГЭС, ветроЭС, солнечных ЭС и др. 0,3 %.

В 2000 году добыча энергоресурсов достигла 25 млрд. т у.т., в том числе: 27 % уголь, 35 % нефть (5,5 млрд. т), 13 % газ природный (2 400 млрд. м³), 13 % ядерное топливо – уран, возобновляемые энергоресурсы 12 % (1 т у.т. – это 29,3 МДж/кг, газ – 36 МДж/кг).

Запасы энергоносителей истощаются. По разным оценкам их хватит: газа на 50–100 лет, нефти – на 60–120 лет, угля – на 270–500 лет.

Предполагается, что к 2020 году добыча нефти возрастет до 8,4 млрд. т, а добыча газа – до 3 600 млрд. м³.

Крупнейшие в мире топливосжигающие электростанции:

- Сургутская-2 (СССР) – 4 млн. кВт – природный газ;
- Касима (Япония) – 4,4 млн. кВт – уголь;
- Дрекс (Великобритания) – 4,3 млн. кВт – уголь, дизельное топливо;
- Нантикоук (Канада) – 4 млн. кВт – уголь;
- Экибастузская-1 (Россия) – 4 млн. кВт – уголь.

Крупнейшие атомные электростанции:

- Брюс (Канада) – 7 млн. кВт – 8 реакторов;
- Гравлин (Франция) – 5,7 млн. кВт – 6 реакторов;
- Палюэль (Франция) – 5,4 млн. кВт – 4 реактора;
- Фукусима-1 (Япония) – 4,7 млн. кВт – 6 реакторов;
- Ленинградская (Россия) – 4 млн. кВт – 4 реактора.

Потребность в освоении возобновляемых источников энергии объясняется возрастающим спросом на топливо (особенно на нефть и газ), ростом населения и требований к уровню жизни, а также ухудшающейся экологической обстановкой на планете вследствие сжигания топлива. Важным последствием освоения возобновляемых источников энергии может стать повышение военной безопасности на планете, потому что большинство войн и военных конфликтов 20 и 21 столетий возникали в борьбе за владение энергоресурсами. Население Земли составляет более 6 млрд. человек и возрастает на 2–3 % в год. Население земли составляло: в 1000 году 0,3 млрд. чел., в 1500 – 0,446 млрд., в 1900 – 1,6 млрд., в 1973 – 3,85 млрд., в 1982 – 4,6 млрд., в 2002 – 6 млрд. человек.

Среднее потребление электроэнергии в мире составляет около 2 380 кВт·ч на человека в год (Канада – 18 961 кВт·ч, Швеция – 16 440 кВт·ч, США – 15 000 кВт·ч, Европа – 5 602 кВт·ч, Африка – 960 кВт·ч). Среднее потребление электроэнергии в Беларуси – 3 500 кВт·ч. При средних темпах роста национального дохода 2–5 % ежегодно потребление энергии должно возрастать на 4–8 %. Это достигается в основном развитием традиционной энергетики и особенно атомной, повышением эффективности использования энергии, а также развитием энергетики на возобновляемых источниках энергии.

Человечество старается найти новые источники энергии, которые были бы выгодны во всех отношениях: простота добычи, дешевизна транспортировки, экологическая чистота, восполняемость. Традиционные источники энергии отходят на второй план. Во-первых, из-за непрерывного роста промышленности, как основного потребителя всех видов энергии. Во-вторых, из-за необходимости значительных финансовых затрат на разведку новых месторождений, так как часто эти работы связаны с организацией глубокого бурения (в частности, в морских условиях) и другими сложными и наукоемкими технологиями. И, в-третьих, по экологическим причинам, связанным с добычей и использованием энергетических ресурсов. А человечеству электроэнергия нужна, причем потребности в ней увеличиваются с каждым годом, а ресурсы уменьшаются. В настоящее время в среднем в мире на выработку электроэнергии направляется от четверти до трети всех энергоресурсов. Показатели мирового потребления электроэнергии приведены в таблице 1.

Таблица 1. Показатели мирового потребления электроэнергии

Год	1986	1994	2001	2002	2005	2010	2015
Производство и потребление электроэнергии, трлн. кВт·ч	10	12,3	13,9	14,3	15,5	18,9	21,4

К 2030 году потребление электроэнергии в мире увеличится на 60 %, или на 2,3 % в год. При этом, неравномерность распределения энергии – очень большая. Так, африканские государства отстают от европейских в 11 раз, а от Северной Америки – 18 раз, от США – 25 раз. Поэтому всё большее внимание обращают на атомную энергию и возобновляемые источники энергии.

Атомная энергетика потребляет небольшое количество топлива, но топлива не дешевого. При развитии атомной энергетики сохраняется зависимость от поставщиков топлива и возможности захоронения отходов. Поэтому не стоит забывать о возобнов-

ляемых источниках энергии: энергии ветра, солнечной энергии, энергии биомассы, гидроэнергии рек.

По потреблению электроэнергии 1 место в мире занимают США, затем – Евросоюз. Беларусь занимает 53 место. Данные приведены в таблице 2.

Таблица 2. Потребление электроэнергии по странам

Страна	Потребление электроэнергии 2002 год, млн. кВт·ч	Население млн. чел	Потребление электроэнергии, кВт·ч/чел
Весь мир	14 280 000	6 000,0	2 380
США	3 660 000	244,0	15 000
Европейский Союз	2 661 000	475,0	5 602
Китай	1 630 000	1 300,0	1 254
Япония	971 000	121,0	8 025
Россия	894 300	150,0	5 962
Германия	519 500	73,6	7 058
Индия	510 100	900,0	567
Канада	487 300	25,7	18 961
Франция	414 700	55,7	7 445
Бразилия	351 900	141,4	2 489
Великобритания	337 400	57,0	5 919
Италия	293 900	57,3	5 129
Корея Южная	293 600	41,8	7 024
Испания	218 400	38,9	5 614
Австралия	195 600	15,9	12 302
Мексика	189 700	80,4	2 359
ЮАР	189 400	36,0	5 261
Тайвань	147 400	20,0	7 370
Швеция	138 100	8,4	16 440
Украина	170 000	51,3	3 314
Польша	141 000	38,3	3 681
Беларусь	35 000	10,0	3 500

А важнейшим возобновляемым источником является для нас энергия ветра, так как она экологически чистая и не представляет опасности даже в аварийной обстановке и не требует поставок топлива. А также следует обратить внимание на то, что за последние 20 лет мировое потребление энергии ветра и солнца возросло на 25–30 %. Прежде всего – в Соединенных Штатах, Японии и Западной Европе, которые являются мировыми лидерами, как в области применения возобновляемой энергии, так и в сфере продвижения новых технологий на этом рынке. Быстрый рост альтернативной энергетики в этих странах стал возможным, прежде всего, благодаря законодательной поддержке со стороны государства. Законы, принятые в Европе и США, обеспечивают благоприятные условия для производителей энергии из альтернативных источников. Большинство этих стран ввели налоговые льготы, обязали сетевые компании покупать «чистую» электроэнергию. Не менее важной причиной необходимости освоения альтернативных источников энергии является проблема глобального потепления. Суть ее заключается в том, что двуокись углерода (CO₂), высвобождаемая при сжигании угля, нефти и бензина в процессе получения тепла, электроэнергии и обеспечения работы транспортных средств, уменьшает тепловое излучение поверхности Земли, нагретой

Солнцем и создает так называемый парниковый эффект. По данным Минэнерго США в 2003 году общий объем таких выбросов составил 25 млрд. т, в 2015 году он превысит 33 млрд. т, а в 2030 году – 43,7 млрд. т.

УДК 621.311.019.3

СПОСОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕДОСТОВЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ АНАЛОГОВЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Северин Н.А.

Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор АНИЩЕНКО В.А.

При наличии взаимных связей между технологическими переменными достоверность измерений последних можно контролировать на основе сравнительного анализа фактических и допустимых невязок уравнений связи.

Исходная система уравнений имеет вид:

$$\sum_{i=1}^m a_{ij}x_i = 0, \quad j = 1, \dots, r, \quad (1)$$

где x_i – неизвестные истинные значения переменных;

a_{ij} – коэффициенты при неизвестных, принимающие значения +1, -1, 0;

m – число переменных;

r – суммарное число независимых и зависимых уравнений связи.

Условия отсутствия недостоверных результатов измерений записывают следующим образом:

$$|\delta_{j \text{ факт}}| \leq \delta_{j \text{ доп}}, \quad j = 1, \dots, r, \quad (2)$$

где фактические невязки уравнений связи определяются подстановкой в систему (1) результатов измерений переменных \bar{x}_i ;

$$\delta_{j \text{ факт}} = \sum_{i=1}^m a_{ij}\bar{x}_i, \quad j = 1, \dots, r,$$

а допустимые невязки уравнений зависят от точности измерительной аппаратуры:

$$\delta_{j \text{ доп}} = \rho_{\Sigma} \sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2 \delta_i^2}, \quad j = 1, \dots, r, \quad (3)$$

где ρ_{Σ} – квантиль;

δ_i – среднеквадратичная погрешность измерительных приборов, определяется

$$\delta_i = \frac{1}{\rho_i} a_i A_i, \quad i = 1, \dots, m, \quad (4)$$

где ρ_i – квантиль;

a_i – класс погрешности измерительных приборов;

A_i – диапазон шкал измерений приборов.

Квантили ρ_{Σ} и ρ_i в формулах (3) и (4) определяют доли отбрасываемых «хвостов», т. е. степень усечённости кривых вероятностей распределения соответственно допустимых невязок уравнений связи и измерений переменных.