

**Таблица 2. Результаты оптимизации коэффициентов трансформации
по межсистемным связям**

Ветвь	$K_{т.м} = \pm 0,09$	$P_{б.р.}, \text{МВт}$	$P_{б.л.}, \text{МВт}$	$\Delta P_{\Sigma}, \text{МВт}$
Исходный режим		-272,2	1 412,5	847,972
295-19519	+	-245,5	1 378,2	854,898
	-	-302,8	1 451,7	840,478
310-19504	+	-265,9	1 401,1	847,160
	-	-278,0	1 424,4	850,818
516-19506	+	-263,9	1 394,9	847,191
	-	-280,0	1 430,0	851,903
201-16831	+	-288,2	1 422,7	850,660
	-	-257,7	1 403,8	849,340
701-16836	+	-282,8	1 424,9	850,108
	-	-262,8	1 402,3	849,474
292-16840	+	-291,8	1 427,7	846,094
	-	-254,7	1 399,3	849,954
505-16551	+	-231,6	1 435,6	849,284
	-	-312,3	1 391,2	849,218
505-6844	+	-303,0	1 416,6	848,542
	-	-242,2	1 410,4	849,718
720-26840	+	-281,1	1 420,5	849,844
	-	-264,4	1 406,8	849,077

1. Наибольший эффект от управления потоками мощности достигается при установке устройств на межсистемных или прилегающих к ним внутрисистемных линиях электропередачи.

2. Для большинства приведенных ветвей управление оказывается неэффективным, так как даже при тех незначительных изменениях в межсистемных перетоках, которые имеют место при $K_{т.м} = \pm 0,09$ значительно растут потери мощности в сети.

3. Наиболее эффективным оказывается управление потоками на линии 292-16840 (ПС Белорусская – Смоленская АЭС, номинальное напряжение 750 кВ), и на трансформаторе за ней 295-292.

Литература

1. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Энергия, 1977. – 288 с.
2. Поспелов, Г.Е., Федин, В.Т. Энергетические системы и сети. Проектирование: Учеб. пособие для вузов. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Минск: Выш. шк., 1988. – 308 с.

УДК 621.311

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ДОМА

Заборский Г.А., Гулич А.О.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ФАДЕЕВА Г.А.

В современной динамике загородного строительства, связанных с ним исследований и соответствующего законодательства выделилось несколько аспектов, открывающих широкие перспективы прогрессивного развития этой отрасли. Среди них экологический аспект, подразумевающий как уменьшение антропогенного давления, оказываемого домом на окружающую среду, так и поддержание определенных гигиенических свойств жилой среды; аспект энергоэффективности, который напрямую связан с экологическим; социальный аспект, связанный с проблемой депопуляции села и по-

пытками решить ее за счет повышения уровня жизни вне города; экономический аспект, связывающий использование местных ресурсов с экономическим развитием региона.

Сам по себе возросший интерес к новым для нашей страны аспектам загородного строительства является необходимым, но не достаточным условием решения актуальных проблем этой отрасли. Это может быть сделано в рамках междисциплинарного исследования, радикально обновляющего подход к проектированию и строительству сельского дома. Авторами были выявлены и стратифицированы проблемы, присущие загородному дому в каждом из вышеперечисленных аспектов.

Экологический аспект подразумевает в общенаучном смысле анализ двустороннего взаимодействия организма и окружающей его среды. К жилому дому это относится с одной стороны – как воздействие, оказываемое на человека домом в качестве искусственного компонента среды обитания, с другой стороны, – как воздействие, оказываемые человеком при посредстве дома на окружающую среду. Параметры, фигурирующие в первой группе взаимодействий, относятся к области давно уже существующей гигиенической науки. Таким образом, предметом собственно экологического аспекта следует считать минимизацию вредных воздействий, оказываемых жилым домом на среду и, в частности, основной механизм ее саморегуляции – биосферу. Таковыми воздействиями в порядке убывания их значимости следует считать:

1. Разрушение структуры грунта при устройстве фундаментов.
2. Тепловое и световое загрязнение.
3. Нарушение визуальной аутентичности ландшафта, а также его пространственной структуры.
4. Потребление питьевой и технической (питьевой в качестве технической) воды, производство сточных вод и органических отходов.
5. Замещение площади зеленого покрова площадью построек и мощений.
6. Потребление электрической и тепловой энергии, производимой внешней, опасной для окружающей среды, инфраструктурой (ТЭС, АЭС, ГЭС) или топлива для самостоятельного производства электрической и тепловой энергии с неизбежным выбросом парниковых газов.

Эти позиции универсальны по отношению к различным типам зданий и регионам. Некоторые из них, тем не менее, приобретают большую значимость именно в их применении к загородному жилью в Беларуси. Рекреационная ценность сельских территорий не должна быть уменьшена в ходе рядовой застройки сельскохозяйственных поселений. В этом отношении следует считать неприемлемым строительство сельского жилья «в городском ключе» и из характерных для города материалов. Это разрушает сложившуюся за тысячелетия силуэтную, ритмическую, колористическую целостность сельского пейзажа, который является необходимым фоном для развития белорусского менталитета, главным материальным носителем нашей культуры.

Аспект энергоэффективности возник как частный случай экологического аспекта, а именно – как попытка свести к минимуму наиболее интенсивные из негативных воздействий, оказываемых зданием на окружающую среду непосредственно или при посредстве инфраструктуры б. Он был выделен и сравнительно хорошо изучен потому, что потенциальная экономия энергоресурсов обладает явным, легко и быстро реализуемым экономическим потенциалом. Строго говоря, в этом аспекте можно выделить два альтернативных подхода. Один из них предполагает максимальное повышение КПД всех систем и здания в целом, однако предельная изоляция внутреннего объема, неизбежная при таком подходе, негативно отражается на некоторых качествах жилой среды. Другой предполагает получение тепловой и электрической энергии из альтернативных возобновляемых и экологически безопасных источников. В таком случае про-

странственное решение освобождается от диктата экономии, хотя и приобретает некоторые особенности в связи с применением этих источников.

Социальный аспект актуализировался при принятии государственной программы о возрождении и развитии села. Стало важно не только разработать экологически нейтральное, энергоэффективное жилье, но и сделать его доступным для жителей села. Это значит, что при строительстве дома должны быть как можно более полно использованы местные ресурсы и неквалифицированный труд, а само строительство должно, по возможности, производиться без применения специальной строительной техники. Такой подход должен быть применим и для модернизации уже построенного жилья.

Экономический аспект следует из вышеописанных. При этом использование местных ресурсов рассматривается как необходимый шаг в восстановлении локальной экономики села, а экономия энергоносителей – как стратегический резерв макроэкономики.

Решение было найдено в уникальном на сегодняшний день архитектурном решении разделить дом на два объема, один из которых, низкотехнологичный, возводится из натуральных материалов местного происхождения и вмещает в себя собственно жилые помещения, а другой, представляющий собой блок инженерных систем (БИС) и концентрирующий в себе высокотехнологичные процессы, поставляется на место строительства в собранном виде.

Перечислим основные преимущества загородного жилого дома, из которого вынесена сложная инженерная компонента:

1. Он может быть возведен из местных материалов руками непрофессиональных строителей, без соблюдения миллиметровых допусков.

2. Его облик, в таком случае, сохранит характерные для традиционного жилья черты композиции и текстур, оставаясь в контексте сложившегося ландшафта.

3. Его конструкция, состоящая, в основном, из естественных материалов, позволит поддерживать гигиенические условия на должном уровне.

Блокирование инженерных систем загородных жилых домов, в свою очередь, позволяет:

1. Монтировать инженерные системы в заводских условиях, свести к минимуму вмешательство непрофессионалов в их устройство и функционирование.

2. За счет использования типовых БИС сократить расходы на оборудование зданий солнечными коллекторами, аккумуляторами теплоты и т. д.

3. Применять БИС не только при строительстве новых, но и при модернизации старых домов.

Модульная структура БИС не только позволит комплектовать его в соответствии с конкретной ситуацией, но и использовать комплектующие различных производителей, присутствующие на рынке в настоящий момент.

Использование электроэнергии в энергоэффективном доме имеет свои особенности. В частности, кроме потребления ее на обычные нужды: освещение, питание электробытовой техники, радиоприборов, она необходима для питания специфического инженерного оборудования дома, например, вентиляторов и небольших насосов систем отопления, насосов системы водоснабжения и пр.

Основными источниками электроэнергии в энергоэффективном доме могут служить автономные возобновляемые источники мощностью не менее 4–5 кВт: микроГЭС, ветроэлектростанции (ВЭС), солнечные батареи (в зависимости от местных условий). В качестве дополнительных источников могут использоваться централизованная сеть или генераторы на невозобновляемом топливе (бензине, солярке и др.).

Малые ВЭС обладают хорошими показателями стоимости и надежности, а также круглогодичным периодом работы. Существует множество проектов малых ВЭС мощ-

ностью от нескольких сотен Вт до десятков кВт. Большинство зарубежных ВЭС рассчитаны на работу при высоких скоростях ветра (12 м/сек и выше). В России и странах СНГ имеются разработки и выпускаются малые ВЭС, способные эффективно работать при скоростях ветра ниже 5–7 м/сек, характерных для условий Беларуси.

При наличии природных условий, т. е. если поблизости от дома протекает речка или ручей, для производства электроэнергии выгодно использовать энергию течения воды, устанавливая микроГЭС. Они имеют мощность от единиц до десятков кВт и по стоимости и эксплуатации могут оказаться эффективнее ВЭС. Ценным их качеством является независимость от погодных условий и равномерность выработки энергии во времени, т. к. скорость течения воды намного более постоянная величина, чем скорость ветра или солнечное излучение. МикроГЭС бывают погружные (устанавливаются на дно), деривационные (рукавные), т. е. использующие гибкую трубу для формирования водного потока большой скорости вне ручья или реки, и свободнопоточные (находящиеся на поверхности воды).

Применение солнечных батарей как источника электроэнергии в условиях Беларуси проблематично из-за относительно небольшого количества солнечных дней в году. Энергию солнца следует максимально использовать для получения тепловой энергии и подогрева воды (солнечные коллекторы).

Альтернативные источники электроэнергии имеют низкие выходные напряжения (практически все ветро- и гидрогенераторы, солнечные модули выдают напряжения 12, 24, 36, 48, 60 В), обладают крайней неравномерностью выработки энергии во времени, а иногда и вообще не работают, например, в отсутствие ветра или солнца. Поэтому необходима аккумуляция энергии и преобразование ее на напряжение 220 В. Поскольку в дополнение к альтернативным источникам может применяться централизованная электрическая сеть, необходимо предусмотреть коммутационно-распределительное устройство (блок управления), чтобы оперативно менять источники энергии и режимы работы электрической сети дома в целом. Кроме того, должна быть предусмотрена защита сети от перенапряжений и коротких замыканий.

Все эти функции выполняет источник бесперебойного питания (ИБП), который состоит из преобразователя напряжения (инвертора), аккумулятора, зарядного устройства, блока управления и панели ручного управления. Функциональная схема работы автономной сети дома следующая: электроэнергия от одного или нескольких источников через зарядное устройство поступает в аккумулятор, заряжая его, затем постоянное напряжение аккумулятора преобразуется в инверторе в переменное напряжение 220 В и поступает в сеть дома. Синхронизация и порядок работы в этой схеме обеспечивается блоком управления и панелью ручного управления.

Фактическим источником электроэнергии является аккумулятор, а альтернативные источники служат, в основном, для его зарядки. Поэтому аккумулятор – важнейший элемент электрической сети экологически нейтрального дома. Выбор его емкости определяется мощностью и количеством электроприемников, их пусковыми токами, графиком работы. Необходимо использовать полностью необслуживаемые (герметичные) аккумуляторы, обладающие высокой надежностью, и не загрязняющие атмосферу.

Другой важной частью ИБП является преобразователь постоянного низкого напряжения аккумулятора в переменное напряжение 220 В (инвертор). Он должен быть достаточно мощным и выдерживать как обычную нагрузку в виде постоянно подключенных к сети электроприемников, так и пиковые нагрузки, возникающие при включении некоторых приборов. Обычно используют два или более инвертора разной мощности, работающих каждый на определенную группу электроприемников.

Блок управления выполняет следующие функции: коммутирует источники энергии по приоритету; при прекращении подачи энергии от альтернативных источников

подключает электроприемники непосредственно к централизованной сети 220 В; при полной зарядке аккумулятора отключает альтернативные источники от зарядного устройства и подключает их к балластным нагрузкам (обычно это электроводонагреватели); защищает сеть от перегрузок и коротких замыканий. Как российская, так и западная промышленность выпускают множество моделей источников бесперебойного питания, однако в большинстве случаев будет необходимо провести индивидуальную конструкторскую разработку ИБП для конкретного проекта энергоэффективного дома, используя стандартные промышленные модели для его составных частей: инверторов, зарядных устройств и т. д. Примером удачной конструкции ИБП может служить преобразователь МАП «Энергия», выпускаемый московской фирмой «МикроАрт». Он в несколько раз дешевле аналогичных зарубежных моделей (около 200 долл. за модель мощностью 2 кВт) и может использоваться как составная часть ИБП для любого конкретного проекта электроснабжения дома, а в некоторых случаях наличие одного или нескольких преобразователей «Энергия» достаточно для выполнения всех функций ИБП. Аккумулятор, инвертор и зарядное устройство обычно входят в комплект поставки ветро- и гидроэлектростанций и вносят существенный вклад в их стоимость.

При выборе устройств для системы энергообеспечения дома конкретного типа следует сопоставить технические характеристики и стоимостные показатели ветро- или гидрогенераторов, аккумуляторов, источников бесперебойного питания и других устройств.

Литература

1. Огородников, И.А., Макарова, О.Н., Дубинина, Е.С. Экодом в Сибири. Обзор литературы, оригинальные разработки, рекомендации специалистов. – Исар-Сибирь: Новосибирск, 2000.

УДК 621.311.1

ОПЕРАТИВНАЯ ЛИКВИДАЦИЯ ПЕРЕГРУЗКИ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Дёмин Ю.Н.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент КАЛЕНТИОНОВ Е.В.

Перетоки мощности и токовые нагрузки по линиям электропередачи не должны превышать максимальных и аварийно-допустимых значений. Перегрузки линий в условиях эксплуатации неизбежны и возникают, в основном, в результате:

- изменения схемы сети (отключения линий или трансформаторов);
- аварийного снижения генерирующей мощности в приемной части системы;
- аварийного снижения электропотребления в избыточной части энергосистемы;
- разделения энергосистемы на части.

Перегрузка линий электропередачи может быть опасна по условиям:

- нарушения статической устойчивости;
- превышения допустимой температуры нагрева провода (токовая перегрузка линии электропередачи);
- токовой перегрузки выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и другого оборудования, входящего в состав электропередачи.

Для сетей 110 кВ и ниже наиболее характерна перегрузка по условию нагрева провода.

Известно, что под влиянием протекания тока по проводам происходят следующие явления: