

Коренной и пристяжной

О совместной работе ДГУ и ИБП

Почему дизель-генераторные установки не всегда работают с источниками бесперебойного питания и как они влияют друг на друга? Какие параметры ДГУ и ИБП нужно учитывать, чтобы обеспечить их совместную работу в системе гарантированного электроснабжения? Знание ответов на эти вопросы позволит избежать проблем при установке системы и в процессе ее эксплуатации.

Оксана КУЗЬМИНА

Сегодня все большее число ответственных потребителей электроэнергии — телекоммуникационное и компьютерное оборудование, электрооборудование банков, медицинских центров, диспетчерских служб и т.п. — получает питание от систем бесперебойного электроснабжения (СБЭ).

Самое широкое распространение получили СБЭ централизованной и многоуровневой структур. Первые имеют мощный источник бесперебойного питания (ИБП), к которому подключается критическая нагрузка. Во вторых критическая нагрузка подключается как к централизованному ИБП, так и к источникам младшего уровня. В качестве резервных источников электроэнергии в таких СБЭ, помимо аккумуляторных батарей, все чаще используются дизель-генераторные установки (ДГУ).

Однако иногда довольно сложно убедить клиента в необходимости установить в СБЭ резервный генератор. Альтернативой ему обычно выступают аккумуляторные батареи. Производство аккумуляторов

хорошо освоено промышленностью; надежные и простые в обслуживании, они давно и успешно эксплуатируются.

Вместе с тем, если говорить о мощных системах, работающих при длительных пропаданиях основной сети, становятся заметными и недостатки аккумуляторных батарей. Главные из них — значительное время заряда батарей, во время которого критическая нагрузка остается фактически без резервного источника электроэнергии; сравнительно небольшой срок службы; сложности с утилизацией использованных аккумуляторов и их высокая стоимость. Все перечисленное определило рост интереса проектировщиков и потребителей «чистого электропитания» к автономным генераторам.

Среди автономных генераторов наибольшей популярностью пользуются дизель-генераторные установки. Они универсальны, надежны, долговечны, давно применяются в народном хозяйстве.

И сегодня мощные СБЭ, как правило, включают в себя и ИБП с аккумуляторными батареями, и ДГУ.

При питании нагрузки от основной сети или генератора ИБП повышает качество потребляемой электроэнергии: устраняются нестабильность напряжения, отклонения частоты, высокочастотные помехи и т.п. (рис. 1а). При кратковременном отключении питания ИБП снабжает нагрузку электроэнергией, запасенной в аккумуляторных батареях (рис. 1б). При длительном пропадании напряжения нагрузка переключается с батареи на резервный генератор (рис. 1в), причем на время пуска генератора она остается подключенной к батарее.

СБЭ в составе работающей ДГУ, ИБП и ответственной нагрузки представляет собой автономную энергетическую систему. Элементы этой системы взаимно влияют друг на друга, и это несколько усложняет анализ и выбор как всей СБЭ, так и отдельных ее звеньев. Наиболее часто обсуждаемая проблема – выбор мощности ДГУ при известной мощности источника бесперебойного питания.

Проблема согласования

Проблему согласования мощностей ИБП и ДГУ, на наш взгляд, нужно разделить на две. Одна из них наиболее резко проявляется в момент подключения ИБП к генератору, другая – в установившемся режиме работы ИБП от генератора.

Рассмотрим процесс подключения нагрузки к генератору несколько подробнее.

Для начала вспомним, что наиболее важными характеристиками ИБП являются так называемые «диапазон напряжения без перехода на батареи» и «диапазон частот без перехода на батареи» – условия, при которых ИБП работает в режиме On-Line, не переходя на батарею. Этот диапазон у большинства производителей определен как $U_{ном} (+10/-15\%)$ и $f_{ном} (\pm 10\%)$. Указанные характеристики могут сыграть большую роль при переводе ИБП на генератор, и вот почему: при «набросе» нагрузки наблюдаются значительные динамические изменения выходного напряжения

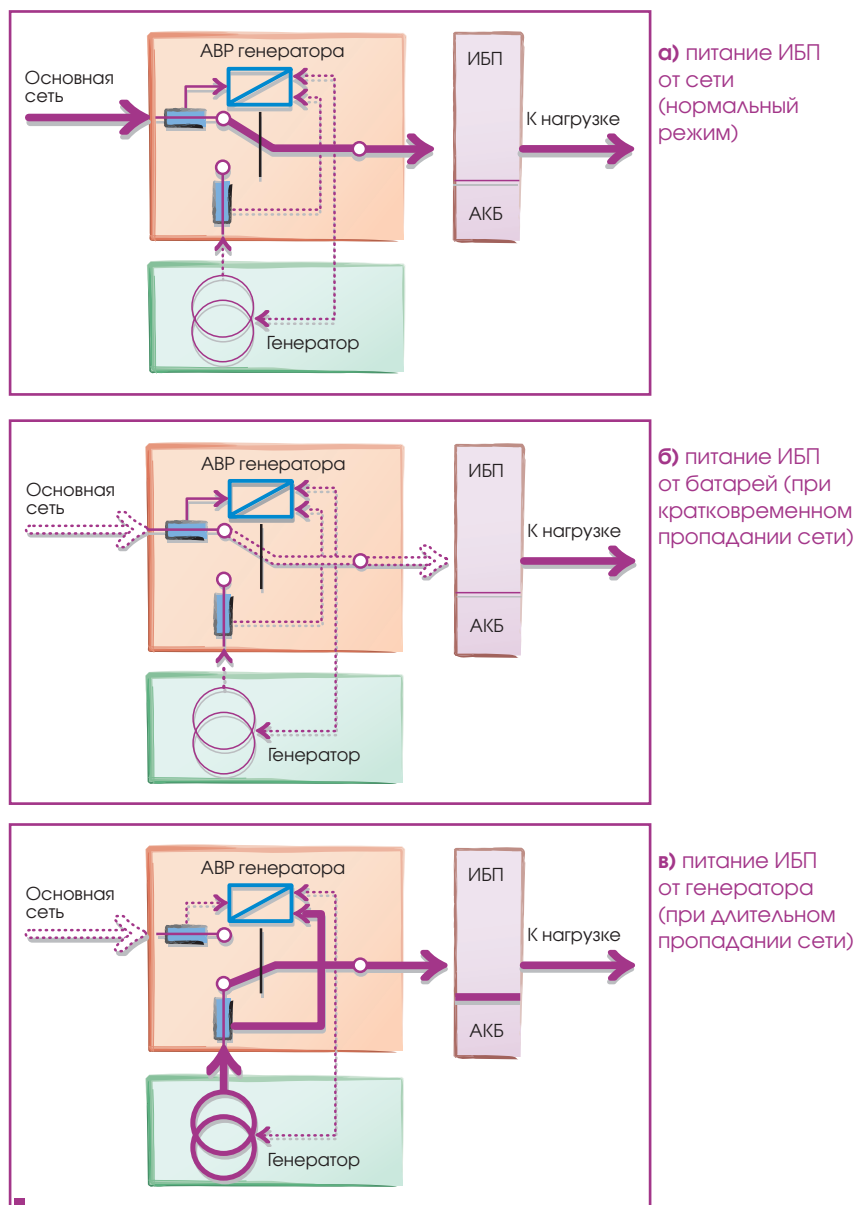


Рис. 1. Электропитание нагрузки при различных состояниях сети

генератора и частоты приводного двигателя.

На рис. 2 показано, как изменяется напряжение на выходе генератора при «набросе» нагрузки. График описывает поведение генератора (NEWAGE Stamford HCI 434D) мощностью 295 кВА. Видно, что при подключении нагрузки (295 кВА) напряжение изменяется на 15%. Хочу подчеркнуть, что речь идет именно о резком скачкообразном изменении напряжения, вызванном подключением нагрузки. Несмотря на то, что дизель-генераторы комплектуются автоматическими регуляторами, стабилизирующими напряжение в установившемся режиме

на уровне $\pm 0,5$ или $\pm 1,5\%$, при подключении нагрузки неизбежные «просадки» составляют 15–20% от номинального значения. И так, при «набросе» нагрузки напряжение или частота генератора могут выйти за допустимые пределы. ИБП воспримет это как *пропадание сети* и перейдет на батарею. Генератор окажется в режиме электрического холостого хода и через некоторое время восстановит номинальное напряжение и частоту. ИБП, приняв это как *появление сети*, вновь перейдет с батареи на генератор. Подключение нагрузки опять вызовет «просадку» напряжения и частоты генератора – и

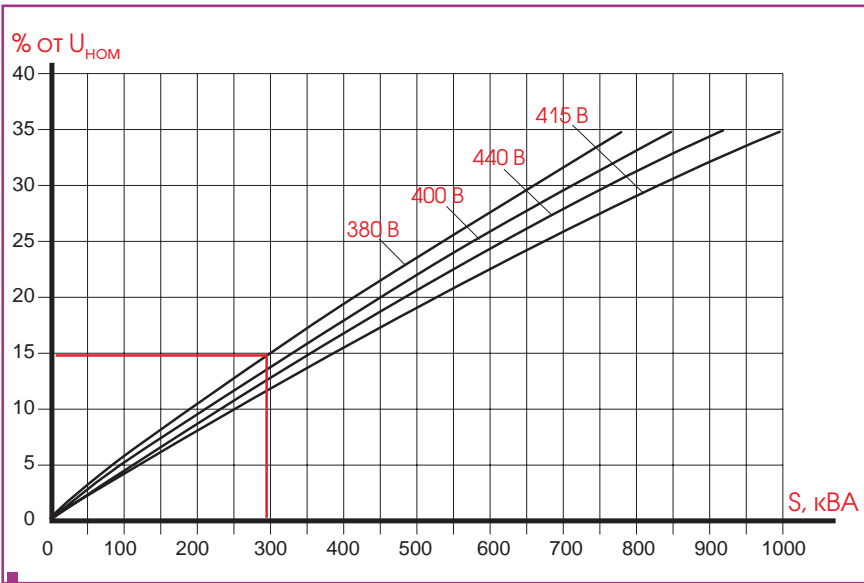


Рис. 2. Зависимость напряжения на выходе генератора при «набросе» нагрузки

цикл повторится. Автору известны случаи, когда совместная работа ДГУ и ИБП ограничивалась только такими непрерывными подключениями и отключениями, вследствие чего батареи были полностью разряжены и критическая нагрузка потеряна.

Решить эту проблему можно двумя путями: завязать мощность ДГУ или использовать ИБП с плавным переключением нагрузки с батареи на сеть. Процедура плавного пере-

да нагрузки, в частности, реализована в ИБП компании General Electric Digital Energy IMV серий SitePro и Image.

О влиянии ИБП на сеть

Мы рассмотрели процессы и эффекты, возникающие при подключении мощного ИБП к генератору. Допустим, нам удалось обеспечить включение ДГУ на ИБП. При их совместной работе на передний план выступает проблема, вызванная на-

личием в ИБП выпрямителя. Импульсные схемы выпрямителей ИБП служат причиной искажения входных токов. На рис. 3 и 4 показана форма входных токов, характерная для 6-пульсных и 12-пульсных тиристорных выпрямителей. Как видно, при 12-пульсном выпрямителе форма тока несколько ближе к синусоиде, чем при 6-пульсной схеме.

Несинусоидальные токи, замыкаясь по обмоткам автономного генератора, вызывают дополнительные потери мощности в «стали» и «меди» генератора, а значит, снижают величину мощности, отдаваемой в нагрузку. Влияние нелинейных токов на ДГУ этим не исчерпывается. Несинусоидальные токи якоря, участвуя в создании магнитного поля машины, приводят к искажению синусоидальности выходного напряжения ДГУ. Хотя несинусоидальное напряжение и не окажет влияния на ответственную нагрузку, защищенную ИБП, оно часто приводит к повреждению или отказу других потребителей, подключенных непосредственно к ДГУ. Кроме того, сильное несинусоидальное напряжение иногда служит причиной некорректной работы автоматического регулятора на-

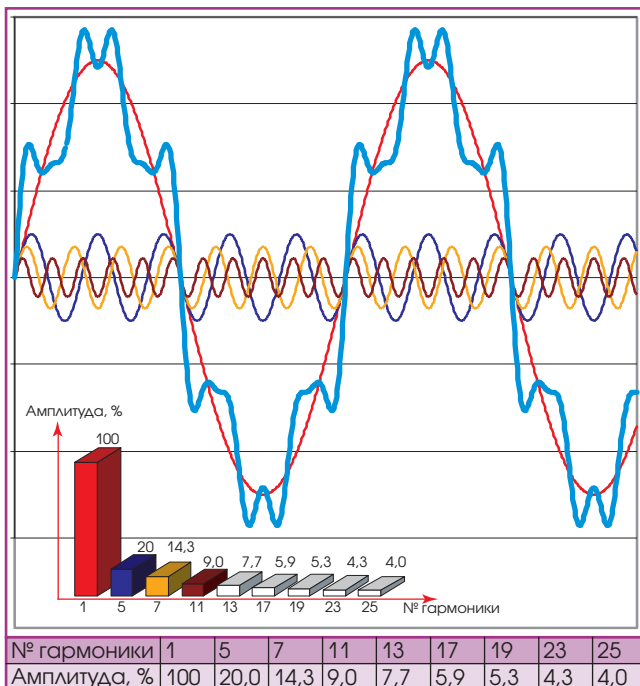


Рис. 3. Форма входных токов, характерная для 6-пульсных тиристорных выпрямителей

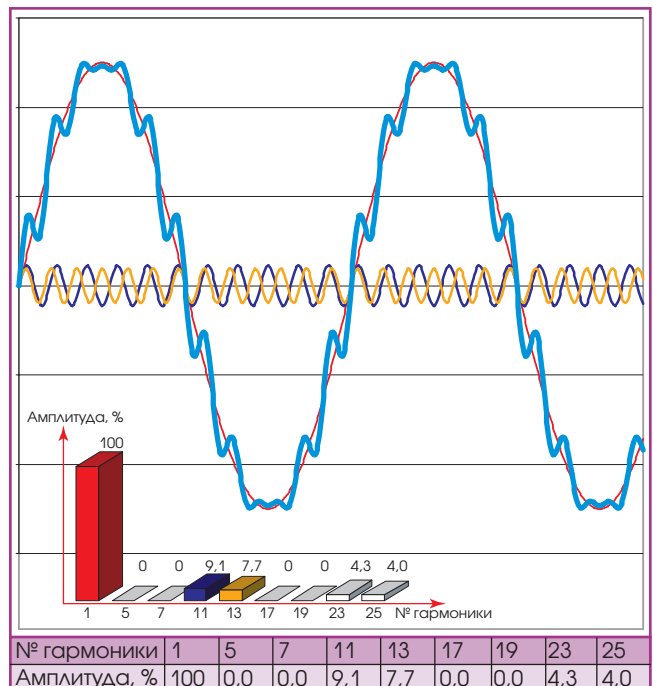


Рис. 4. Форма входных токов, характерная для 12-пульсных тиристорных выпрямителей

пряжения и вызывает аварийные остановки ДГУ. Коэффициент несинусоидальности выходного напряжения автономного синхронного генератора не должен быть выше 8–10%.

Предотвратить дефицит мощности, отводимой в нагрузку, перегрев генератора и искажение синусоидальности выходного напряжения ДГУ можно путем выбора устройства с большей номинальной мощностью.

Правила подбора ДГУ

Существуют вполне определенные рекомендации по выбору мощности ДГУ при известной мощности ИБП, которые учитывают нелинейность токов, допустимую величину несинусоидальности напряжения генератора и его внутренние параметры. Согласно этим рекомендациям, мощность ИБП определяется как

$$S_{\text{ИБП}} = S_{\text{ген}} \cdot (X_{\text{d, cx}}'' / X_{\text{d, ген}}'')$$

где $S_{\text{ИБП}}$ — номинальная мощность ИБП;

$S_{\text{ген}}$ — номинальная мощность генератора;

$X_{\text{d, ген}}''$ — сверхпереходное индуктивное сопротивление генератора по продольной оси ротора при синусоидальной нагрузке (обычно $X_{\text{d, ген}}'' = 0,11–0,15$ о.е. и указывается в паспортных данных генератора);

$X_{\text{d, cx}}''$ — сверхпереходное индуктивное сопротивление генератора по продольной оси ротора при нелинейной нагрузке.

При 6-пульсной нагрузке $X_{\text{d, cx}}''$ составляет около 0,4 о.е., при 12-пульсной — около 0,9 о.е.

Таким образом, при 6-пульсной схеме выпрямления

$$S_{\text{ген}} = S_{\text{ИБП}} \cdot (2,75... 3,75).$$

При 12-пульсной схеме выпрямления

$$S_{\text{ген}} = S_{\text{ИБП}} \cdot (1,22... 1,66).$$

Следовательно, уменьшая нелинейность нагрузки, можно выбрать генератор меньшей мощности. Таким образом, к методам снижения нелинейности нагрузки ДГУ относятся:

- применение 12-пульсной схемы выпрямления вместо 6-пульсной;
- применение выпрямителей на IGBT-транзисторах;

- применение входных фильтров высших гармоник.

В заключение представим некоторые соображения, которыми следует руководствоваться при выборе ИБП и ДГУ при построении системы электроснабжения ответственной нагрузки.

1. *Класс ИБП — On-Line*, как единственный, защищающий нагрузку от всех существующих неполадок в электросети: высоковольтных выбросов, всплесков напряжения, электромагнитных и радиочастотных помех, кратковременного повышения или понижения напряжения, искажения его формы и, что особенно важно при питании ИБП от ДГУ, от нестабильности частоты.

2. *Мощность ИБП* выбирается, исходя из требований нагрузки.

3. ИБП в обязательном порядке комплектуются *аккумуляторными батареями*. По статистике, около 90% сбоев электроснабжения делятся не более 1–3 минут, поэтому совсем отказаться от аккумуляторных батарей и использовать при каждом пропадании напряжения ДГУ неправильно. Во-первых, частые пуски и остановки значительно снижают срок службы генераторного агрегата, в частности, до 36% от общего износа дизельного двигателя приходится на износ при запусках. Во-вторых, резервная ДГУ обладает некоторой инерцией — механической и электромагнитной. Время выхода дизельного двигателя на номинальную частоту вращения составляет 5–10 секунд (при низких температурах — больше); время установления номинального выходного напряжения на зажимах генератора при подаче возбуждения — до 6 секунд. Вследствие такой инерции ДГУ, нагрузка, допускающая перемены в питании не более 10 мс (либо вообще не допускающая бестоковых пауз), может быть обесточена в течение нескольких секунд.

В общем случае время резервирования аккумуляторов выбирается в диапазоне 5–10 минут.

4. Принимаются меры для снижения нелинейных искажений токов, вносимых ИБП в питающую

сеть, — применяются ИБП с выпрямителями на IGBT-транзисторах, с 12-пульсными тиристорными выпрямителями или с активными выпрямителями. Вместе с тем, мы с осторожностью даем рекомендации по использованию входных фильтров высших гармоник для этих целей. ИБП с гармоническим фильтром представляет собой емкостную нагрузку для генератора, которая при подключении может вызвать резкое увеличение выходного напряжения ДГУ и срабатывание аварийной защиты.

Поэтому каждый случай совместной работы ДГУ и ИБП с гармоническим фильтром должен рассматриваться индивидуально.

5. При выборе ИБП отдается предпочтение источникам с системой плавного перевода ИБП на питание с батареи на сеть.

6. При выборе мощности ДГУ учитываются:

- мощность ИБП;
- степень создаваемых им искажений входного тока;
- внутренние параметры ДГУ, в частности, X_{d}'' ;
- диапазоны напряжения и частоты сети, при которых ИБП не переходит в автономный режим работы;
- изменение напряжения и частоты ДГУ при 100% «набросе» нагрузки.

7. ДГУ комплектуются автоматическим регулятором выходного напряжения и электронным регулятором скорости приводного двигателя.

Как показывает наш опыт, выбор звеньев СБЭ с учетом приведенных выше требований обеспечивает согласованную и устойчивую совместную работу ИБП и ДГУ. Дополнительное преимущество СБЭ с ДГУ — практически неограниченное время работы в автономном режиме, т.е. полная независимость электроснабжения от ответственной нагрузки от неполадок основной сети.

Оксана КУЗЬМИНА,

кандидат технических наук,
ведущий эксперт компании IBTech