

Разные режимы работы ИБП: новый алгоритм обеспечивает уникальную эффективность



Краткий обзор

Сегодня самой общепринятой и распространенной в отрасли технологией, используемой для крупных систем ИБП, является схема двойного преобразования и ее различные модификации, которая считается идеальной и наиболее надежной.

В режиме двойного преобразования ИБП обеспечивает защиту от любых проблем с электропитанием. Этот режим позволяет управлять напряжением и частотой на выходе независимо от напряжения и частоты тока на входе.

Но возникает вопрос: действительно ли двойное преобразование является единственно возможным способом устранения помех такого рода?

Хотя схема двойного преобразования зарекомендовала себя как надежный способ защиты оборудования от практически любых помех, у него есть один серьезный минус - низкая эффективность. Обеспечивая столь высокий уровень защиты, ИБП на основе технологии двойного преобразования, постоянно работают в режиме максимальной защиты, что приводит к значительному дополнительному расходу энергии.

Итак, существует ли более эффективное решение для защиты критически важного оборудования?

Идеальным решением является ИБП, который может распознавать различные типы помех в сети электропитания и умеет выбирать максимально эффективный режим работы, наиболее подходящий для устранения конкретного типа помех. Создав технологию **Trinergy**, компания Chloride воплотила такое решение в жизнь.

1. Введение

Для больших систем, например, для центров обработки данных, критически важно бесперебойное электропитание. Поэтому ИБП, работающие в режиме двойного преобразования, всегда считались наилучшим выбором, обеспечивающим высокий уровень защиты нагрузки от всех теоретически возможных типов помех в электросети.

Использование ИБП с двойным преобразованием и сейчас является самым распространенным решением для обеспечения защиты при специфических характеристиках электросети.

Со временем технология цифровой обработки сигналов (ЦОС) и собственная запатентованная компанией Chloride технология Vector Control позволили вывести на рынок новые высокоэффективные решения, в частности технологию двойного интеллектуального преобразования, которая появилась на рынке благодаря компании Chloride в 1998 году. Технология двойного

интеллектуального преобразования позволяет постоянно отслеживать состояние сети электропитания и определять, когда питание нагрузки можно осуществлять напрямую через байпас. Сейчас эта технология нашла широкое распространение в устройствах бесперебойного питания мощностью от 10 кВА до 800 кВА.

Хотя технология двойного интеллектуального преобразования позволяет значительно снизить потери энергии при работе ИБП, в некоторых случаях состояние линии не позволяет системе постоянно работать в высокоэффективном режиме. Причиной могут быть как помехи в электросети, так и/или характеристики самой нагрузки (в частности, вызываемые ею нелинейные искажения и сдвиг тока). В результате иногда ИБП вынуждены работать в режиме максимальной защиты и использовать двойное преобразование практически без перерыва.

Разные режимы работы ИБП: новый алгоритм обеспечивает уникальную эффективность

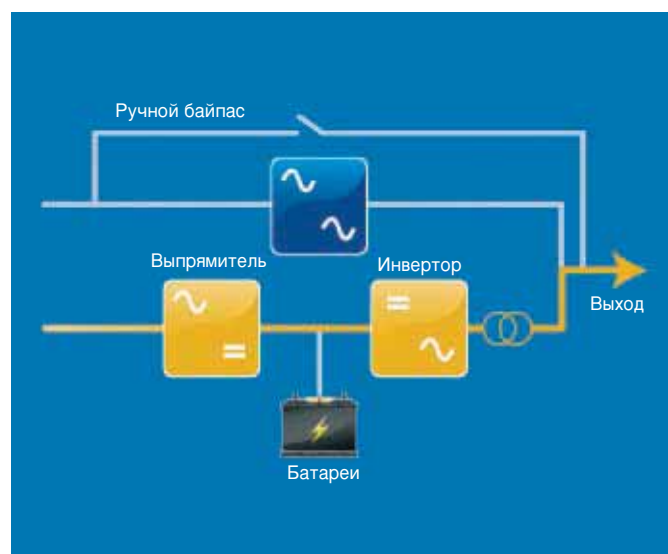


Рисунок 1 - Принципиальная схема типичного ИБП с двойным преобразованием (VFI - напряжение и частота, независимые от входной электросети) и выходным трансформатором

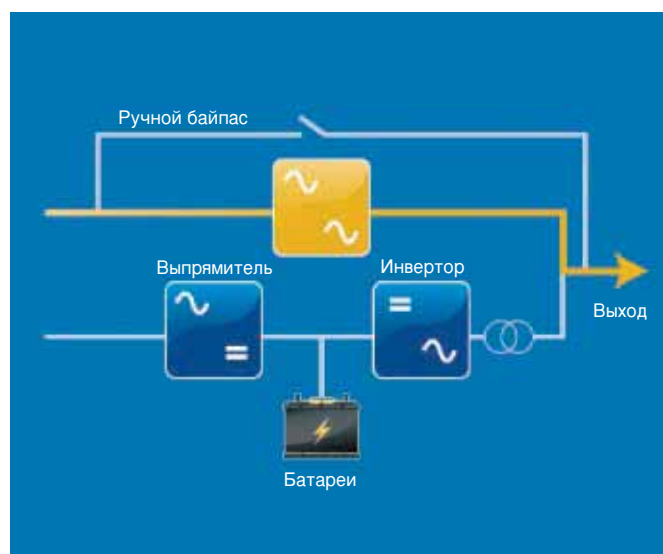


Рисунок 2 - Принципиальная схема работы с приоритетом байпаса. При постоянно происходит синхронизация инвертора с байпасом, поэтому инвертор всегда готов при необходимости обеспечить питание нагрузки.

Стало очевидно, что для того чтобы сделать эти конфигурации более адаптивными, необходимо создать еще более интеллектуальное решение, которое позволяло бы различать помехи, обеспечивать фильтрацию в соответствии с их уровнем и типом и отказаться от схемы, когда для разных помех используется двойное преобразование только одного типа (обычное или двойное интеллектуальное преобразование).

Существуют такие типы помех (например, падение напряжения, колебание напряжения, гармоники и т.п.), для которых достаточно использовать фильтры (а именно активные фильтры), и нет необходимости в двойном преобразовании.

2. Но ведь в стандартном ИБП тоже может быть активный фильтр?

Да, это так. Когда такой ИБП работает в интерактивном режиме, инвертор находится в состоянии ожидания и готов взять на себя питание нагрузки. Таким образом, инвертор может использоваться для устранения помех в направлении от сети к нагрузке или наоборот, и, опять же, способен полностью изолировать нагрузку от сети без необходимости переключения в режим двойного преобразования. Тем не менее, в случае возникновения сбоев в сети электропитания или появления помех, с которыми инвертор справиться не в состоянии, ИБП немедленно и незаметно для нагрузки переходит к использованию двойного преобразования.

Сегодня эти решения еще более совершенны благодаря самой современной технологии, используемой в трехфазных устройствах с двойным преобразованием - бестрансформаторным ИБП (см. рисунок 3). Мощность одного модуля ИБП такой топологии может достигать 1200 кВт, что в сочетании с самыми современными технологиями управления позволяет обеспечить высочайший уровень защиты и самую высокую на рынке эффективность.



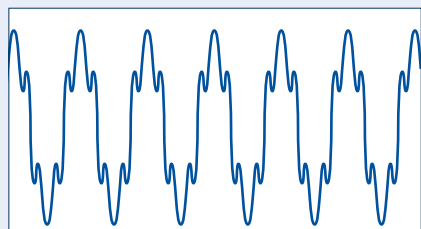
Рисунок 3 - Новые бестрансформаторные ИБП, созданные по технологии Trinegy, при работе в режиме двойного преобразования.

Разные режимы работы ИБП:

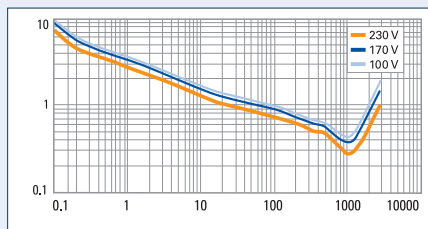
новый алгоритм обеспечивает уникальную эффективность

2.1 Типичные помехи в электросети

На качество электропитания влияют помехи разных типов, которые можно грубо разделить на следующие категории:



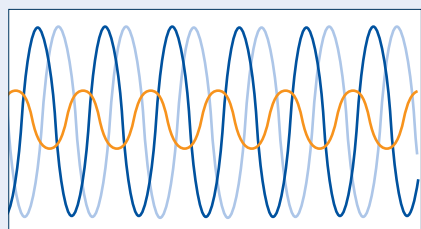
Гармоники и промежуточные гармоники



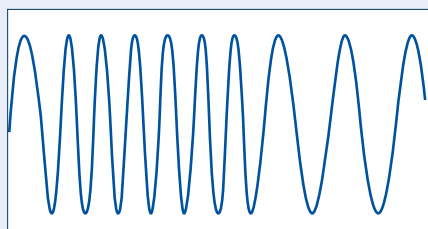
Колебание и пульсация напряжения



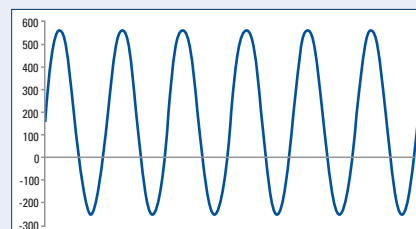
Провалы и обрыв напряжения



Несбалансированность напряжения



Колебание частоты напряжения



Составляющие постоянного тока и электрический шум

В число других типов помех входят низкочастотное напряжение и пульсирующие колебания.

2.2 Существующие решения

На рынке существует несколько решений, способных устранить помехи и обеспечить высокое качество электропитания нагрузки:

- ИБП
- Устройства подавления импульсных помех напряжения электросети (TVSS - Transient Voltage Source Suppressor)
- Статические переключатели нагрузки
- Последовательные активные фильтры
- Параллельные активные фильтры
- Смешанные активные фильтры (последовательные и параллельные)

Последние три решения, основанные на использовании активных фильтров, используются, как правило, для устранения помех в некотором диапазоне (за исключением обрывов напряжения и колебания частоты) и обеспечивают высокий уровень эффективности.

Если вновь обратиться к списку помех, приведенному в разделе 2.1., то на сегодняшний день лишь ИБП на основе двойного преобразования способны устранить все перечисленные помехи в сети электропитания. Такие ИБП, несомненно, способны обеспечить для нагрузки напряжение высокого качества, как при наличии значительных перепадов, так и при обрывах напряжения. В последнем случае применяются устройства для локального аккумулирования энергии, такие как батареи или маховики.

ИБП с двойным преобразованием, безусловно, являются наиболее распространенным решением. Их единственный недостаток заключается в том, что они дополнительно потребляют значительное количество энергии для постоянного преобразования переменного тока в постоянный и обратно.

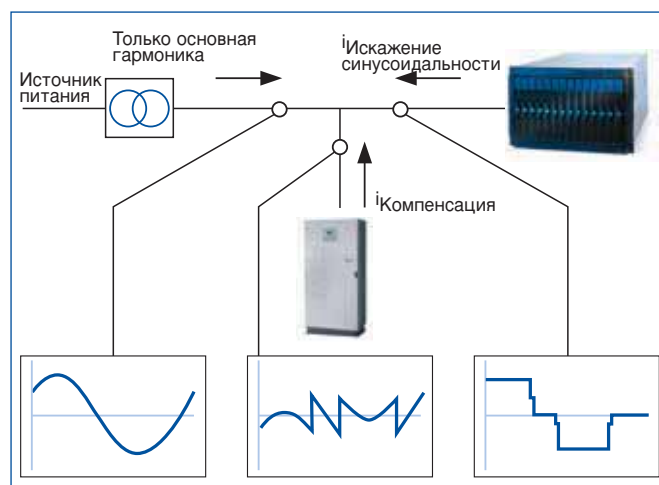


Рисунок 4 - Параллельный активный фильтр гармоник, коррективка импульсных помех и коэффициента мощности.

Разные режимы работы ИБП: новый алгоритм обеспечивает уникальную эффективность

2.3 Повышение эффективности при помощи двойного интеллектуального преобразования

Во многих случаях для устранения возникающих помех не требуется высокий уровень модификации электропитания, предлагаемый ИБП со схемой двойного преобразования. Поэтому идеальное решение - это устройство, работающее в режиме двойного преобразования только тогда, когда это необходимо. А именно только тогда, когда имеющиеся колебания напряжения выходят из допустимого диапазона.

ИБП с двойным интеллектуальным преобразованием - это ИБП, использующий автоматический байпас как основной источник для электропитания нагрузки, при этом:

1. происходит постоянная синхронизация инвертора с байпасом, чтобы при необходимости обеспечить быстрое и надежное переключение в режим двойного преобразования или на питание от батареи
2. входное напряжение постоянно контролируется, любое отклонение от нормы немедленно отслеживается.

Такое решение позволяет использовать двойное преобразование только в случае необходимости, при этом питание нагрузки осуществляется через байпас, поэтому дополнительной энергии расходуется очень мало.

- Как правило, КПД современного ИБП с трансформатором при работе в режиме двойного преобразования составляет 93%
- КПД ИБП с трансформатором при работе через байпас составляет 97%

Чтобы избежать слишком частых переключений между двумя цепями (после того как характеристики сети электропитания вышли за допустимые пределы или после обрыва электропитания) применяется специальный алгоритм: в зависимости от частоты и длительности помех в электросети период наблюдения за нагрузкой увеличивается перед тем, как вернуться на байпас. Поэтому в зависимости от состояния электросети, часть времени ИБП работает через байпас, а часть времени использует режим двойного преобразования. Подробное описание влияния использования такого решения на эффективность можно найти в статье "New Control Techniques for UPS Dynamic Efficiency Optimization" (Zane, 2009)².

Это стандартное решение было адаптировано для всех трехфазных ИБП высокой мощности (более 10 кВА), выпускаемых компанией

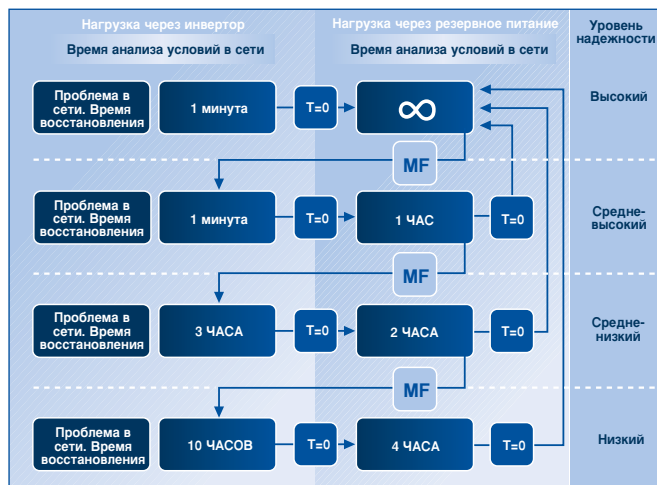


Рисунок 5 - Алгоритм, используемый для управления режимами работы ИБП в зависимости от качества напряжения в электросети. Этот алгоритм позволяет избежать частых переключений между режимом двойного преобразования и цифровым интерактивным режимом в случае ухудшения качества напряжения в сети электропитания.

Chloride, и позволяет добиться более высокого значения КПД.

И хотя эта технология обеспечивает высокий общий КПД ИБП, возможно и дальнейшее улучшение эффективности при сохранении высокого уровня защиты от помех в сети электропитания.

- Что происходит, когда характеристики напряжения сети электропитания выходят за допустимые пределы слишком часто?
- Зачем ИБП переходить в режим двойного преобразования, если при незначительном отклонении характеристик можно использовать менее мощный фильтр?
- Что можно сделать для ограничения влияния нежелательных нагрузок (с гармоническим искажением или смещением) при подключении напрямую к сети электропитания и работе в цифровом интерактивном режиме?

В трех приведенных выше случаях ИБП проведет значительное время, работая в режиме двойного преобразования, хотя это и не всегда необходимо, так как подход, реализованный в высокоэффективных схемах, предусматривает полное отключение нагрузки от электросети (см. Рисунок 1).

2.4 Использование инвертора в качестве активного фильтра

Поэтому необходимо использовать параллельный и последовательный активный фильтр при работе через байпас. Это позволит устранить большинство перечисленных в разделе 2.1. помех (за исключением обрывов напряжения и колебания частоты), если они незначительны, без потери эффективности, потому что активный фильтр для устранения помех потребляет меньшее количество энергии, чем двойное преобразование.

Положительным моментом здесь является возможность использовать в качестве активного фильтра инвертор IGBT, работающий по технологии Vector Control, патент на которую принадлежит компании Chloride. Это возможно, так как при работе в режиме с высокой эффективностью инвертор не используется, и поэтому его можно подключить и последовательно, и параллельно.

Разные режимы работы ИБП: новый алгоритм обеспечивает уникальную эффективность

Использование инвертора в качестве параллельного активного фильтра: инвертор работает как управляемый ток генератор, генерируя ток, компенсирующий реактивные и гармонические колебания, вызываемые нагрузкой.

Использование инвертора в качестве последовательного активного фильтра: ток активного фильтра будет иметь форму, которая не позволит напряжению в цепи байпаса выйти из допустимых пределов. Это возможно благодаря последовательно включенной индуктивности, служащей единственной цели - добавлению небольшого полного сопротивления цепи для компенсации активного напряжения путем взаимодействия с током активного фильтра, генерируемого инвертором.

Потери энергии, пропорциональные генерируемому для устранения помех току, будут выше, чем при использовании высокоэффективной цепи байпаса, но несомненно ниже, чем при работе в режиме двойного преобразования.

Это решение в сочетании с бестрансформаторной топологией позволило ИБП, созданным по технологии Trinegy, стать самыми высокоэффективными в отрасли.



Рисунок 6 - Технология Trinegy. Конфигурация ИБП позволяет автоматически устранять некоторые типы помех, используя инвертор IGBT в качестве активного фильтра, который может быть подключен и последовательно, и параллельно, при этом питание нагрузка получает через байпас.

3. Описание технологии управления Trinegy

Trinegy - это новая революционная технология, объединяющая три стандартные топологии в одном бестрансформаторном ИБП:

- **Режим максимального управления электропитанием** (IEC 62040-3 VFI): это режим двойного преобразования, который обеспечивает самый высокий уровень защиты от помех. В этом режиме нагрузка защищена от всех типов помех в сети электропитания, но и энергии потребляется больше всего. При использовании новейшей бестрансформаторной технологии КПД при полной нагрузке превышает 95%.
- **Режим максимальной экономии энергии** (IEC 62040-3 VFD): этот режим используется, когда нет необходимости в устранении помех, и питание нагрузка получает через байпас. В этом случае КПД достигает 99%.



Рисунок 7 - Новые бестрансформаторные ИБП, созданные по технологии Trinegy, при работе в режиме двойного преобразования.



Рисунок 8 - Новые бестрансформаторные ИБП, созданные по технологии Trinegy, при работе в цифровом интерактивном режиме.

Разные режимы работы ИБП: новый алгоритм обеспечивает уникальную эффективность

- **Режим высокой эффективности и стабилизации характеристик напряжения** (IEC 62040-3 VI): происходит стабилизация следующих характеристик электросети: суммарного коэффициента нелинейных искажений на входе THDi, коэффициента мощности нагрузки PF, скачков напряжения. Количество потребляемой энергии зависит от того, сколько энергии потребуется работающему в качестве активного фильтра инвертору для компенсации помех. В обычных условиях КПД в этом режиме колеблется от 96 до 98%, в зависимости от типа нагрузки (линейная, нелинейная и т.п.) и состояния сети электропитания.

Точная система управления Trinergy позволяет быстро и незаметно переходить в один из трех режимов работы ИБП, обеспечивая максимальную эффективность для каждой из трех конфигураций. В то же время Trinergy обеспечивает производительность и защиту нагрузки по электропитанию в соответствии с классом 1 стандарта IEC 62040-3 и отличное управление характеристиками входного электропитания (THDi < 3% и коэффициент входной мощности PF > 0,99) для расположенной выше по цепи нагрузки.



Рисунок 9 - Новые бестрансформаторные ИБП, созданные по технологии Trinergy, при работе в интерактивном режиме с активным фильтром, который компенсирует помехи в электросети и искажения, вызываемые нагрузкой.

Заключение

В заключение мы хотим повторить, что технология двойного преобразования в ИБП теоретически отлично справляется с любыми помехами в сети электропитания. Тем не менее, целесообразность использования высокоэффективных ИБП с экономичным режимом невелика, если ИБП в основном используется для защиты электросети и нагрузки от нежелательных колебаний, и невелико время, в течение которого ИБП работает в высокоэффективном режиме.

Объединение всех стандартных конфигураций в одном устройстве позволяет ИБП дольше работать в высокоэффективном режиме. Технология Trinergy способна быстро и незаметно выбрать нужный режим для компенсации помех, который позволит защитить нагрузку и избежать искажений, порождаемых нагрузкой и влияющих на работу всего комплекса.

Это стало возможным благодаря запатентованной компанией Chloride технологии Vector Control, использующей инвертор как последовательный или параллельный активный фильтр, пока ИБП работает через байпас.

Согласно данным, собранным компанией Chloride при помощи системы удаленной диагностики LIFE.net, в стандартных установках удается добиться среднего значения КПД 97,9%, что очень близко к идеальной цифре 99%), поэтому ИБП Trinergy способны работать с оптимальной эффективностью, определяемой тремя стандартными конфигурациями, одновременно обеспечивая производительность и защиту по электропитанию класса 1 (IEC 62040-3).

Trinergy

Библиография

- (1) IEEE 1159-1995, "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", июнь 1995
- (2) Zanei G., Cevenini E., Ferro A. & Rossi C.: "New Control Techniques for UPS Dynamic Efficiency Optimisation", INTELEC Korea 2009
- (3) Эксплуатация: экономия энергии, Chloride, 2009.

ПРИМЕЧАНИЕ

Активация одного из режимов Trinegy происходит на основе результатов постоянного наблюдения за характеристиками внешней электросети и за качеством электропитания нагрузки на выходе, получаемых в реальном времени. Перечисленные в

приведенной ниже таблице параметры показывают, как Trinegy выбирает один из трех режимов работы в ответ на изменение характеристик на входе и на выходе.

| Режим | Контролируемые параметры (характеристики электропитания, контролируемые ИБП) | | | | | Наблюдаемые параметры, перечисленные в спецификации ИБП (на их основе ИБП выбирает подходящий режим работы) | | | | | КПД | |
|-----------------------------------|--|-------|------------------|-----------|--------------|---|-----------|---------------------|---------------------------------------|-----------|--------|--------|
| | Вход | | Выход (нагрузка) | | | Входной диапазон | | Диапазон нагрузки | | | | |
| | THDi | PF | V | THDv | f(Гц) | V(B) | f(Гц) | THDi | PF | THDv | | |
| Двойное преобразование VFI | <3% | >0,99 | 400 | <2% (<3%) | 50 | 400 +/- 20% | 45-65 | THDi >10%, C.F. <3 | Любой PF, (опережающий или отстающий) | <2% (<3%) | 95% | ПАРАМ1 |
| Интерактивный VI | <5% | >0,99 | 400 +/- 10% | <3% (<5%) | Как на входе | 400 +/- 15% | 50 +/- 6% | THDi >5%, THDi <10% | 0,9 <PF< 0,95 | <3% (<5%) | 96-98% | ПАРАМ2 |
| Цифровой интерактивный VFD | <5% | ≥0,95 | 400 +/- 10% | <3% (<5%) | Как на входе | 400 +/- 10% | 50 +/- 6% | THDi <5% | PF ≥ 0,95 | <3% (<5%) | 99% | ПАРАМ3 |

Таблица А - Параметры, влияющие на выбор режима работы Trinegy*

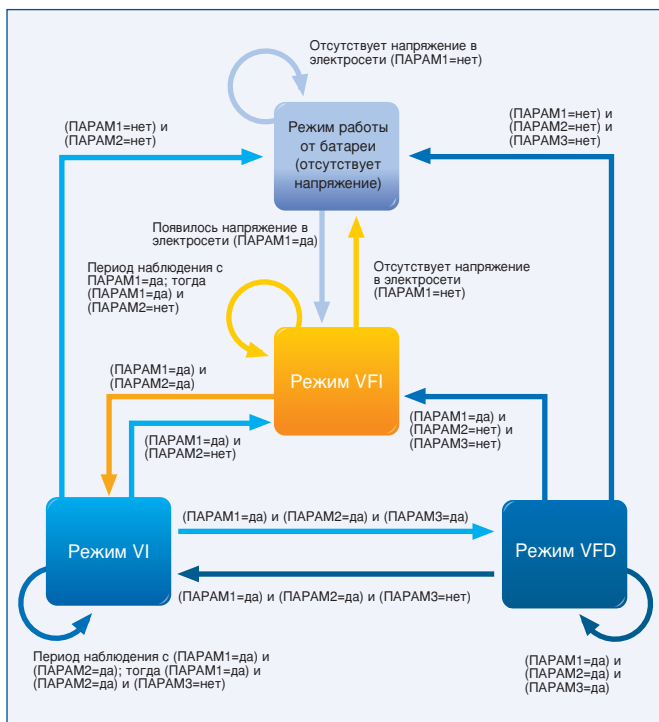


Рисунок В - Диаграмма состояний Trinegy.

Параметры электропитания нагрузки и условия во внешней электросети постоянно контролируются, что позволяет обеспечить бесперебойное электропитание нагрузки с максимальной эффективностью.

Если какой-либо из наблюдаемых параметров, перечисленных выше, выходит за границы указанного допустимого диапазона, ИБП переходит в другой режим работы в соответствии с алгоритмом, изображенным на рисунке В.

При необходимости сервис-инженер может изменить приведенные в таблице параметры.

*Данные в таблице приведены для случая, когда ИБП работает с полной нагрузкой.

На диаграмме состояний Trinegy (рис. В) изображен алгоритм выбора режима работы устройством Trinegy. ИБП начинает работать в режиме двойного преобразования и переходит в режимы VI или VFD только после того, как наблюдение за состоянием электросети показывает, что величины наблюдаемых параметров стабильно находятся в пределах допустимого диапазона.