

*Сафонов З.Ю.,
студент магистр,
2 курс, факультет «Энергетический»
Ульяновский Государственный Технический Университет
Россия, г. Ульяновск*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТОПОЛОГИЙ ПОСТРОЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

***Аннотация:** В статье проводится сравнительный анализ распространенных топологий источников бесперебойного питания (ИБП) в контексте их применения для защиты промышленных компьютеров. Цель работы – определить наиболее сбалансированную топологию, обеспечивающую весь необходимый функционал, имеющий высокий уровень защиты от сбоев сети с приемлемой стоимостью.*

***Ключевые слова:** промышленный компьютер, ИБП, топология, Off-Line, Line-Interactive, On-Line, надежность, стоимость, промышленная автоматизация, качество электроэнергии.*

***Abstract:** The article provides a comparative analysis of common topologies of uninterruptible power supplies (UPS) in the context of their use to protect industrial computers. The aim of the work is to determine the most balanced topology that provides all the necessary functionality with a high level of protection against network failures at an acceptable cost.*

***Keywords:** industrial computer, UPS, topology, Off-Line, Line-Interactive, On-Line, reliability, cost, industrial automation, power quality.*

Промышленный компьютер (ПК) является ключевым элементом систем управления, сбора данных и человеко-машинного интерфейса. Его отказ приводит к остановке технологического процесса, потере данных и, как следствие, к значительным финансовым убыткам. В условиях промышленной сети характерны не только полные отключения, но и хронические проблемы: провалы напряжения, импульсные помехи, гармонические искажения от частотных приводов и сварочного оборудования. Таким образом, ИБП для промышленного ПК должен обеспечивать защиту от всего спектра угроз. Однако, с другой стороны, решение должно быть экономически целесообразным, так как зачастую требуется оснастить ИБП десятки единиц оборудования по всему предприятию. Возникает инженерная задача: выбрать топологию ИБП, которая будет иметь хорошие характеристики для данной системы, при сравнительно небольшой стоимости.

Для того чтобы найти самое лучшее решение, нужно рассмотреть все основные существующие топологии ИБП на рынке. Их всего три: Резервная, Топология с двойным преобразованием, Линейно-интерактивная топология. Для более полного освещения всех достоинств и недостатков каждого из устройств выведу ключевые критерии, критичные для промышленного ПК: время переключения на батарею, стабилизация напряжения, подавление помех и КПД. Немало важным стоит отметить, чтобы техническое решение было не только практичным, но и экономически целесообразным.

Одна из первых систем ИБП, она же самая простая - Резервная (Off-Line, Standby) топология. Здесь нагрузка питается напрямую от сети. При отклонении сетевого напряжения за допустимые пределы быстродействующее реле подключает инвертор, питаемый от батареи. Такое исполнение дает крайне низкую стоимость системы, высокий КПД (>95%) и простота конструкции. Однако за простоту нужно существенно платить функциональностью. Данный тип источников питания имеет критическое время переключения ($\approx 2-10$ мс), что для современных промышленных ПК

может оказаться недостаточным. Отсутствие стабилизации и фильтрации сетевого напряжения также пагубно сказывается на стабильности системы. Так как ПК постоянно подвержен всем сетевым помехам, ресурс его электрических компонентов может значительно сократиться. Кроме того, данные помехи могут приводить к сбоям и даже поломкам, что слишком критично для промышленных ПК. Все эти критерии делают данную топологию неприемлемой для ответственных промышленных систем. Такое решение может применяться только для защиты от долговременных отключений в относительно «чистых» сетях с минимумом помех.

Топология с двойным преобразованием (On-Line, Double Conversion) имеет уже немного другой принцип работы. Входное переменное напряжение преобразуется в постоянное, затем обратно в стабилизированное переменное, при помощи выпрямителя и инвертора. Батарея включена в цепь постоянного тока. Переключения на батарею нет — при пропадании сети инвертор продолжает работу от батареи [1, с. 11]. Это делает его идеальным решением для систем, критичным к времени отсутствия напряжения. Кроме того, идеальное выходное напряжение, нулевое время переключения, полная изоляция нагрузки от сетевых помех делают такую систему одной из лучших, имеющихся на рынке. Однако высокая стоимость, низкий КПД (85-92%), значительное тепловыделение, повышенный уровень шума от системы охлаждения вносят свой негативный вклад при определении топологии проектируемой системы с ИБП. Также постоянные потери энергии ведут к высоким эксплуатационным расходам. На этом основании можно сделать вывод, что ИБП основанный на такой топологии, это «Золотой стандарт» для критически важных серверов и систем. Однако для большинства промышленных ПК является избыточным и экономически неоправданным решением из-за низкого КПД и дороговизны.

Рассмотрим линейно-интерактивную топологию (Line-Interactive). Принцип: Нагрузка постоянно подключена к сети через автоматический

регулятор напряжения (ступенчатый или плавный). При нормальном режиме работы он может изменять выходное напряжение, для установления наиболее точного совпадения характеристик с заданными. Инвертор находится в режиме ожидания, но всегда синхронизирован с сетью, что сокращает время переключения ($\approx 2-4$ мс). Часто в такой системе присутствует базовый фильтр помех. Хорошая стабилизация напряжения, приемлемое время переключения, относительно высокий КПД (94-97%) делают данную топологию интересной для рассмотрения в решении большинства задач автоматизации. А хорошие стоимостные показатели способствуют экономии бюджета оснащения оборудования, без ущерба для функционала устройства. Минусы у такой топологии тоже имеются: она не обеспечивает полную изоляцию от помех, как On-Line ИБП, а качество выходного напряжения все еще зависит от сети.

Проведенный анализ показывает, что для защиты подавляющего большинства промышленных компьютеров оптимальным решением является линейно-интерактивная топология. Она представляет собой оптимальный компромисс между функционалом, качеством выходных характеристик и стоимостью. Схема эффективно борется с наиболее частой проблемой – провалами и всплесками напряжения (до 85% всех инцидентов), не переходя на батарею, тем самым экономя ее ресурс. Время переключения в 2-4 мс является достаточным для большинства стандартных блоков питания ПК, что гарантирует стабильную работу.

Литература:

1. Тарасов М.М., Кривошей А.А., Бондарчук А.В. Источники бесперебойного и автономного электроснабжения // Научный журнал КубГАУ – 2016. – №115(01) – с. 1–13.
2. Абрамович, Б.Л. Бесперебойные и резервные источники электропитания / Б.Л. Абрамович, В.П. Дементьев. — Л. : Энергоатомиздат.

Ленингр. отд-ние, 1989. — 224 с.

3. ГОСТ Р 52907-2008 (МЭК 61000-4-11:2004) «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к провалам, кратковременным прерываниям и изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний».