

# Повышение эффективности электротехнических устройств

## как аспект стратегии энергосбережения

Андрей Федоров, к. т. н.

Стратегия ЭС-2030, принятая российским правительством, в качестве одного из главных условий обеспечения энергобезопасности страны определяет соответствие производственного потенциала энергетического комплекса РФ мировому научно-техническому уровню.

Woltag — многопрофильная компания, предлагающая комплексные решения для энергообеспечения, основывает свои производственные и бизнес-процессы на инновациях.

Одним из направлений оптимизации использования энергоресурсов, несомненно, является снижение потерь при транспортировке, распределении и преобразовании электроэнергии на всех участках — от генерирующих комплексов до конечного потребителя. Этот вопрос неизменно встает при проектировании новых и модернизации находящихся в эксплуатации систем электроснабжения. Поэтому естественно, что показатели эффективности использования электроэнергии потребителями с точки зрения минимизации потерь регламентируются соответствующими государственными и нормативными документами (в частности, Федеральным законом № 261-ФЗ).

В исследовании Министерства регионального развития России «Стратегия повышения энергоэффективности коммунальной инфраструктуры Российской Федерации» отмечается, что «снижение потребления энергоресурсов и увеличение мощности систем электроснабжения — это взаимоувязанные процессы и должны рассматриваться при энергетическом планировании совместно».

Сегодня при создании новых и модернизации эксплуатируемых электротехнических комплексов и систем встает задача повышения энергетических показателей оборудования в соответствии с положе-

ниями соответствующих программных документов, разрабатываемых по инициативе и при непосредственном участии органов власти. Эти документы должны не только регламентировать значения показателей эффективности использования электрооборудования и пути их достижения, но и определять действия по реализации и правовые нормы по внедрению этих действий.

Для повышения эффективности использования энергоресурсов необходимы оптимизация электрических и тепловых сетей, мероприятия по учету расходуемых энергоресурсов и организации сбыта, снижение потребностей в энергоресурсах, в том числе дополнительных, использование возобновляемых источников, снижение потребляемой электрической мощности (рис. 1).

В исследовании Минрегионразвития и других программных документах российских министерств и ведомств говорится, в частности, о том, что «одной из существенных составляющих потерь электроэнергии являются потери от транспортировки избыточной реактивной мощности (РМ)».

Выработка реактивной мощности не требует непосредственного расхода топлива, но ее передача по сети вызывает затраты, которые покрываются активной энергией генераторов (за счет дополнительного расхода топлива).

Передача РМ загружает элементы сети, снижая их общую пропускную способность, при этом в пиковые периоды реактивная нагрузка городской электрической сети соизмерима с активной нагрузкой, а может и превышать ее. Коэффициент мощности уже достигает недопустимых значений:  $0,65 < \cos \varphi < 0,7$  ( $1,17 > \tan \varphi > 1,02$ ).

Этот параметр характеризует процентную составляющую активной мощности, выполняющей полезную работу, от полной мощности, потребляемой приемником из сети. Вторая составляющая — реактивная энергия — не связана с выполнением полезной работы, а расходуется на создание электромагнитных полей в электродвигателях, трансформаторах, индукционных печах, сварочных трансформаторах, дросселях и осветительных приборах.

Особенно наглядно проявляются процессы генерации РМ в системах с полупроводниковыми преобразователями. Сегодня преобразователи электрической энергии широко используются в городских системах электроснабжения. Это и электропитание транспорта, и управляемые электроприводы, магазины и торговые комплексы с системами кондиционирования и вентиляции, производственные объекты малого и среднего

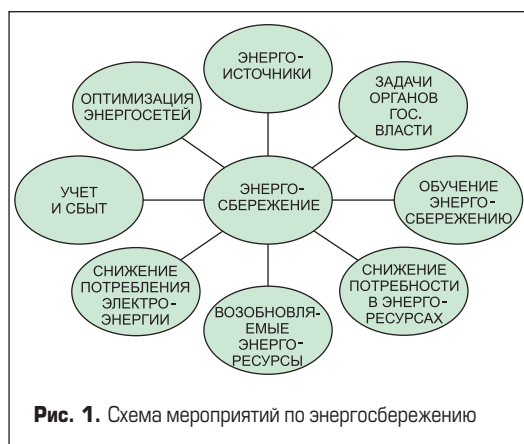


Рис. 1. Схема мероприятий по энергосбережению

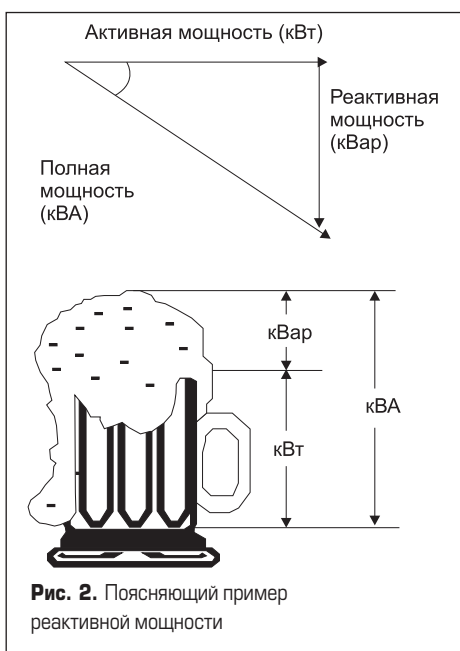
бизнеса, промышленные предприятия и заводы. Генерируемая полупроводниковыми преобразователями реактивная мощность вызывает отрицательные эффекты в работе электроэнергетических систем. В результате появляются перегрузки по току линий электропередачи, что, в свою очередь, приводит к увеличению потерь электрической мощности, повышению капитальных затрат при введении дополнительных мощностей, ускоренному старению электроизоляционных оболочек.

Применение мощных регулируемых тиристорных выпрямителей, например, для заряда стационарных аккумуляторных батарей, приводит к наличию в системе высших гармоник тока. При фазовом регулировании выходных параметров первая гармоника тока смещается относительно питающего напряжения на угол управления. Как следствие, из сети потребляется РМ. Кроме того, реактивная мощность учитывается приборами учета электроэнергии, следовательно, приводит к дополнительным затратам эксплуатирующих организаций.

Так, при нормальном заряде мощной свинцово-кислотной аккумуляторной батареи током 3600 ампер 20% из них потребляется из сети и возвращается в сеть, не выполняя работы по формированию активного свинцового слоя пластин, вызывая дополнительные потери на активном сопротивлении соединительных кабелей. При этом затраты на дополнительные потери несет эксплуатирующая организация. При фазном напряжении 220 В продолжительностью 6–10 ч лишние затраты только на первой ступени заряда легко подсчитать.

В одной из научно-популярных публикаций о проблемах, связанных с реактивной мощностью, приведена весьма оригинальная наглядная демонстрация в виде пены в кружке пива. Пена, как известно, не является полезной для потребителя субстанцией, но платить в итоге приходится не только за пиво, но и за пену (рис. 2).

Для компенсации РМ в качестве простейшего схемотехнического решения используются конденсаторные батареи. Работа вы-



прямителя, снабженного компенсирующими конденсаторами, отличается в первую очередь наличием емкостной составляющей тока, протекающего в проводах питающей сети, а также воздействием напряжений конденсаторов на моменты естественной коммутации неуправляемых вентилялей.

Известно, что доля реактивной мощности увеличивается при снижении нагрузки. Поэтому одной из мер по устранению негативного влияния РМ является оптимизация загрузки электросетей. Так, например, большинство асинхронных электроприводов, доля применения которых в производстве составляет порядка 60%, большую часть времени работают при нагрузке 60–80%. Поэтому одной из мер по повышению эффективности использования электроэнергии может являться снижение номинальной мощности электроприводов.

Вместе с тем, реактивная мощность необходима для создания электромагнитных полей в процессе преобразования электрической энергии в трансформаторах, и наоборот — преобразования электрической энергии в механическую в электрических машинах. В связи с этим для предотвращения негативного влияния РМ на протекающие в электросети процессы необходимо предусмотреть устройства генерирования электрической мощности непосредственно у конечного приемника. С этой целью в электротехнических устройствах устанавливают на входных зажимах емкостные конденсаторы, генерирующие реактивную мощность непосредственно в нагрузку и предотвращающие ее возврат при противоположных по знаку значениях тока и напряжения в сеть, так как обмен энергией в этом случае происходит не между сетью и нагрузкой, а между нагрузкой и конденсатором.

Показатели энергосбережения в области производства и эксплуатации полупроводниковых преобразователей (ПП) напрямую зависят от коэффициента мощности и КПД. И если повышение КПД достигается традиционными способами, практически уже исчерпавшими себя, то применение схем активной коррекции коэффициента мощности в составе структуры преобразователя на современном этапе развития ПП выглядит наиболее привлекательно.

Над этим, в частности, работает научно-технический центр «Вольтаг-Инжиниринг»,

созданный Woltag на базе оренбургского ОАО «Завод «Инвертор»».

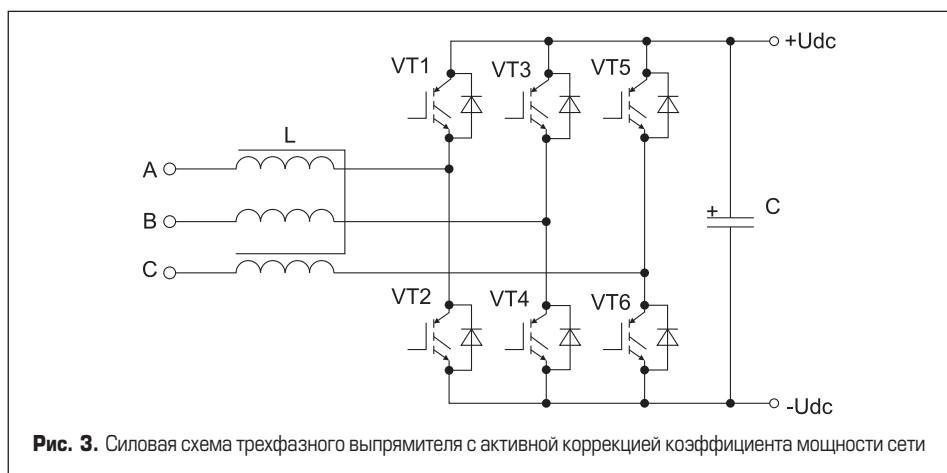
Сегодня основным источником электроэнергии на промышленных предприятиях являются трехфазные сети. При этом, например, коэффициент мощности для ПП, как правило, регламентируется в режиме номинальной нагрузки. Основным же долговременным режимом работы большинства ПП является режим 60–70%-ной загрузки. Для тиристорных стабилизаторов — выпрямителей софт тем выше, чем ближе значение нагрузки к номиналу. Если же, например, систему бесперебойного питания (СБП) (которая имеет на входе трехфазный выпрямитель) используют в качестве источника питания асинхронных приводов, то основная нагрузка составляет уже 10–30% от номинальной мощности. Таким образом, задача энергосбережения при разработке новых ПП сводится к двум основным аспектам:

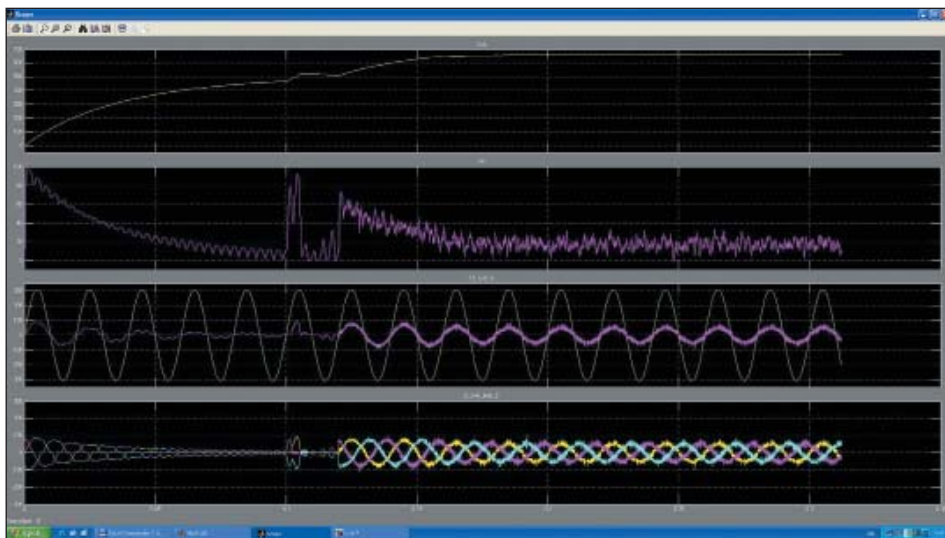
1. Повышение значения коэффициента мощности для номинального режима.
2. Расширение диапазона нагрузок, для которого значение коэффициента мощности будет стабильно высоким.

Решение этой совокупной задачи заключается в применении активных схем коррекции коэффициента мощности в структуре полупроводниковых преобразователей.

Очевидно, узел коррекции мощности, потребляемой из сети, устанавливается на входе. Наиболее простым, а значит — и более экономичным, является применение схемы полного трехфазного моста. Такая схема, по сути, представляет собой повышающий преобразователь постоянного тока (рис. 3), каждая диагональ которого работает по полуволнам напряжения положительного значения для данной конкретной полуволны при заданном управлении силовыми ключами.

Активный корректор коэффициента мощности является входным импульсным устройством и характеризуется импульсными коммутационными потерями. Поэтому при выборе материалов и параметров корректора всегда необходимо искать «золотую середину» между собственными потерями полупроводникового преобразователя и получаемой экономией внешней мощности. От этого, например, зависят и массо-габаритные показатели реакторов корректора, и, соответственно, его стоимость.





**Рис. 4.** Схема использования трехфазного выпрямителя с активной коррекцией коэффициента мощности сети

В настоящее время при незначительном удорожании серийной продукции применение таких схем приводит к повышению коэффициента мощности практически во всем диапазоне нагрузок до значений, близких к 1.

В нашей стране одним из основных производителей и поставщиков полупроводниковых преобразователей для нужд промышленных предприятий России является компания Woltag. Входящее в ее производственную структуру ОАО «Завод «Инвертор»» изготавливает агрегаты бесперебойного питания, инверторы, выпрямители, переключающие устройства и другое электрооборудование, специально предназначенное для использования в системах безопасности атомных станций и других предприятий атомной энергетики. Среди выпускаемого заводом оборудо-

вания — зарядные выпрямители на токи до 4000 А при напряжении 320 В, рекуперационные трехфазные сетевые устройства на токи до 1000 А, промышленные инверторы и системы бесперебойного питания мощностью до 1000 кВт·А, переключающие устройства для СБП, шкафы управления оперативным током на токи до 125 А при напряжении 230 В, стабилизаторы и другое полупроводниковое оборудование.

Специалисты НТЦ «Вольтаг-Инжиниринг» занимаются разработкой оборудования, в состав которого включен активный корректор коэффициента мощности. Ожидается выпуск продуктов с коэффициентом мощности не менее 0,98 в широком диапазоне нагрузок от 10 до 125%. Такие показатели позволят повысить эффективность при-

меняемого в российской промышленности электротехнического оборудования, а также обеспечат конкурентоспособность отечественного оборудования на международном рынке. На рис. 4 приведены некоторые результаты моделирования процессов в питающей сети при использовании активного корректора коэффициента мощности по схеме, приведенной на рис. 3. Видно, что ток и напряжение совпадают по фазе, при этом форма огибающей кривой тока имеет практически идеальную синусоидальную форму.

В заключение необходимо отметить, что энергосбережение сегодня является едва ли не самым приоритетным направлением технической политики всех развитых стран мира. Российский вектор развития в этой сфере определен как внедрение высокотехнологичных и наукоемких энергосберегающих технологий.

Речь идет, в частности, о разработках и внедрении устройств полупроводниковых преобразователей с применением схем активной коррекции коэффициента мощности. В России 30% вырабатываемой электроэнергии проходит через полупроводниковые преобразователи. Если учесть, что на текущий момент в нашей стране производство электроэнергии составляет около 1045 млрд кВт·ч в год, то можно представить размер экономических потерь из-за того, что коэффициент мощности не приближен к единице.

Именно поэтому, как уже отмечалось, в настоящее время европейскими производителями полупроводниковых преобразователей активно ведутся работы по созданию устройств с показателем коэффициента мощности от 0,98 и выше. В нашей стране исследования и разработки осуществляет, в частности, компания Woltag на базе ОАО «Завод «Инвертор»», входящего ее в производственную структуру.