

Климатические причины сбоев силовой электроники

В статье рассматриваются вопросы ухудшения помехоустойчивости силовых электронных приборов в связи с климатологическими факторами, в частности в четвертом–шестом календарных месяцах года.

Илья Джус

Влияние температуры на работоспособность и долговечность работы устройств полупроводниковой силовой электроники является общепризнанным фактом [1]. Характер такого влияния одинаков как для силовых пассивных элементов, таких как диоды, транзисторы, тиристоры, резисторы, конденсаторы, так и для маломощных — интегральных микросхем, операционных усилителей, микропроцессоров. Рост температуры всегда приводит к увеличению потока отказов.

В данной статье мы рассмотрим помехоустойчивость силовых электронных аппаратов.

Статистика кратковременных отказов

Нами анализировались статистические данные о работе устройств бесперебойного питания (АБП или UPS), выполненных на тиристорах, микросхемах, транзисторах [2] с номинальным напряжением 380 В, мощностью 16–200 кВт. В таких аппаратах используются также силовые дроссели и конденсаторы. Из всех сбоев в работе были выделены кратковременные отключения, причины которых или не были установлены, или объяснялись влиянием помех. То есть такие сбои в работе, которые не потребовали ремонта, замены отдельных узлов или деталей, а при повторном включении, после непродолжительных проверок, устройство снова работало нормально, а также однократные отказы —

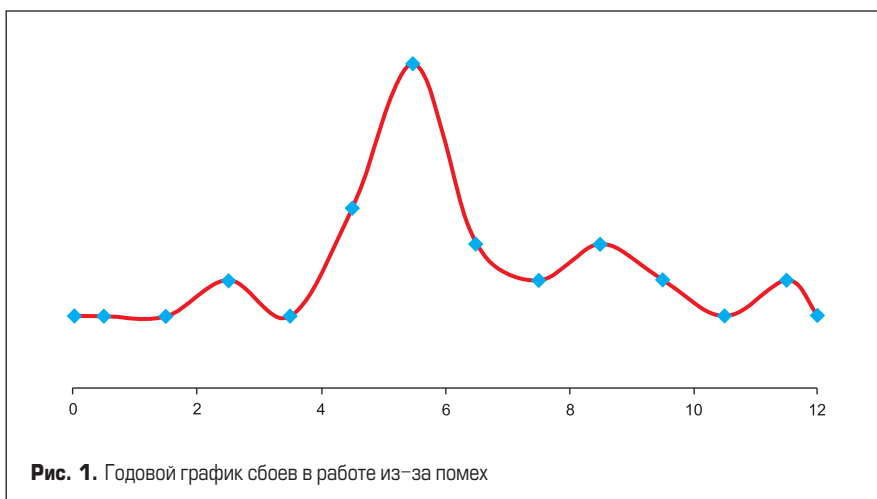


Рис. 1. Годовой график сбоев в работе из-за помех

самоустраняющиеся или устраняемые персоналом при незначительном вмешательстве. Отключения из-за перегрузок или коротких замыканий в эту группу отказов не включались, также из рассмотрения были исключены ошибки персонала, изготовителей, наладчиков. Статистика проводилась по данным, имевшимся за девять лет, для АБП, установленных на электростанциях. В относительной величине такие кратковременные отказы составили порядка 15% от общего количества всех отключений и аварий АБП. Вероятность сбоев из-за помех по нашей оценке составляет 0,25 отключения в год на один агрегат. Суммарное количество отказов составило несколько десятков. Имеющееся в нашем распоряжении количество сбоев из-за помех незначительно — в пределах сотни, но все же этого достаточно для выдвижения предположения о взаимосвязи явлений.

Сезонные наблюдения

На основании статистических данных можно сделать вывод, что наибольшее количество отключений

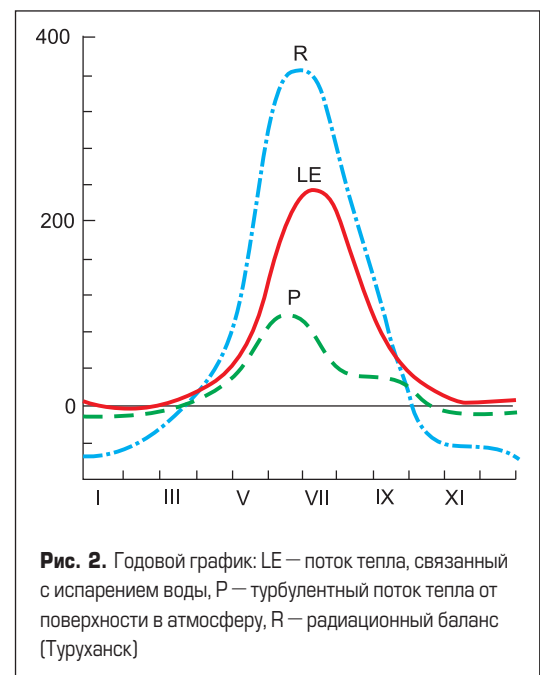


Рис. 2. Годовой график: LE — поток тепла, связанный с испарением воды, P — турбулентный поток тепла от поверхности в атмосферу, R — радиационный баланс (Туруханск)

АБП имеет место в мае-июне. В этот период количество отказов в максимуме в 2,5–3 раза превышает средние показатели сентября — марта (рис. 1). Существенный рост отключений из-за помех наблюдается начиная с апреля. Были проанализированы все возможные влияния, и наиболее вероятной причиной сбоев рассматриваемых АБП представляется воздействие климатических факторов. Помесячные графики отключений АБП, которые произошли по указанным причинам в отдельности по годам и в сумме, по характеру совпадают с климатическими годовыми графиками потока тепла к поверхности Земли (рассматривались графики, характерные для Сибири [3], рис. 2). Сильное влияние оказывает также суточный перепад температур. Возможно, что суточные перепады температур (рис. 3) проявляют себя в виде второго (меньшего) пика в конце августа — начале сентября. Что касается годового температурного графика (рис. 4), то, как видно, он практически не влияет на сбой в работе. Например, солнечная активность [4] не дает влияния, судя из непохожести графиков. Наверное, это происходит потому, что оборудование установлено в помещениях.

Влияние температур

В качестве косвенного подтверждения высказанного предположения укажем на исследования сотрудников университета Торонто [5], проанализировавших отказы информационного оборудования центров обработки данных (ЦОД). По принципу размещения в закрытых помещениях с вентиляцией такие ЦОД похожи на электроустановки с электронной аппаратурой. Оказалось, что влияние температур на надежность систем ЦОД значительно ниже, чем предполагалось, а отказы (потери функциональности) таких элементов, как оперативная память и серверы, вообще не зависят от температуры. Отмечается более существенное влияние резких изменений рабочих температур. Эти обстоятельства склонили некоторые фирмы повысить температуру вентиляционного воздуха с +13 до +20 °C и даже +27 °C, ибо это существенно снижает расход электроэнергии.

В силовой электротехнике (трансформаторы, генераторы, выключатели) широко используется так называемое «восьмиградусное правило», в соответствии с которым срок службы (ресурс) сокращается в два раза при повышении температуры на 8 °C при ее значении свыше +60 °C. За рубежом известно «шестиградусное правило», и ему соответствует коэффициент 1,5. Очевидно, что к вопросу помехоустойчивости это не совсем применимо, хотя, казалось бы, именно температура оказывает большое влияние на параметры полупроводниковых приборов (коэффициенты усиления, токи утечки, пороги срабатывания и т. п.). Например, приведем статистику мощных преобразователей вставки постоянного тока (тиристорные выпрямительно-инверторные агрегаты) за 2004–2007 гг. [6]. За период апрель — июль (когда наблюдались сбои) отказы элементов четырех преобразо-

вателей суммарно составили 9, 6, 4, 7 по месяцам соответственно. Из всех отказов в данном случае были исключены ошибки персонала, отказы в примыкающей энергосистеме и отказы в системе водяного охлаждения.

* * *

Приведенные наблюдения позволяют сделать вывод о том, что сбой в работе силового электронного оборудования находится во взаимосвязи с климатическими условиями. Данная информация представляется нам полезной для разработчиков электронной аппаратуры, однако для более глубокого подтверждения выдвинутой версии требуется проведение дальнейших исследований, в том числе с учетом статистики отказов в различных регионах страны.

Литература

1. М. И. Абрамович, В. М. Бабайлов, В. Е. Либбер и др. Диоды и тиристоры в преобразовательных установках. М.: Энергоатомиздат, 1992.
2. Адамия Г. Г., Беркович Е. И. и др. Статические агрегаты бесперебойного питания / Под ред. Ф. И. Ковалева. – М.: Энергоатомиздат, 1992.
3. Дроздов О. А. и др. Климатология. Л.: Гидрометиздат, 1989.
4. www.astronom2000.info/астрономия/солнечная_активность/
5. www.document.kz/Новости/temperature-v-severnoi.html.
6. Капитула Ю. В. Особенности выполнения защит мощных высоковольтных преобразователей на Выборгской выпрямительно-инверторной подстанции и опыт их эксплуатации. РЗА 2008. НИИПТ-АПАР. energyxpo.ru

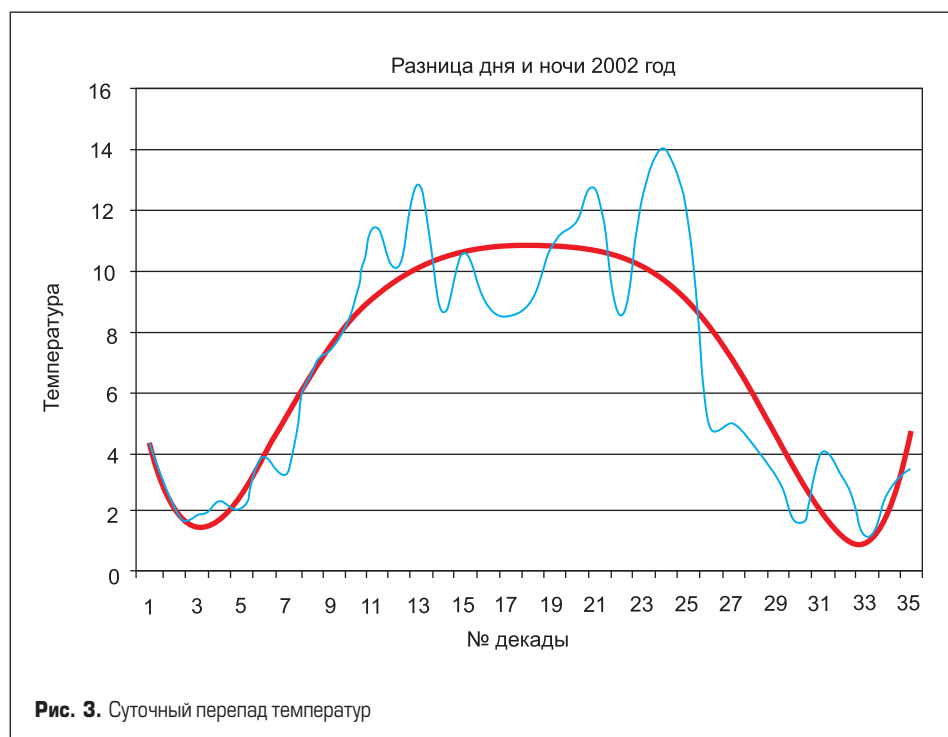


Рис. 3. Суточный перепад температур

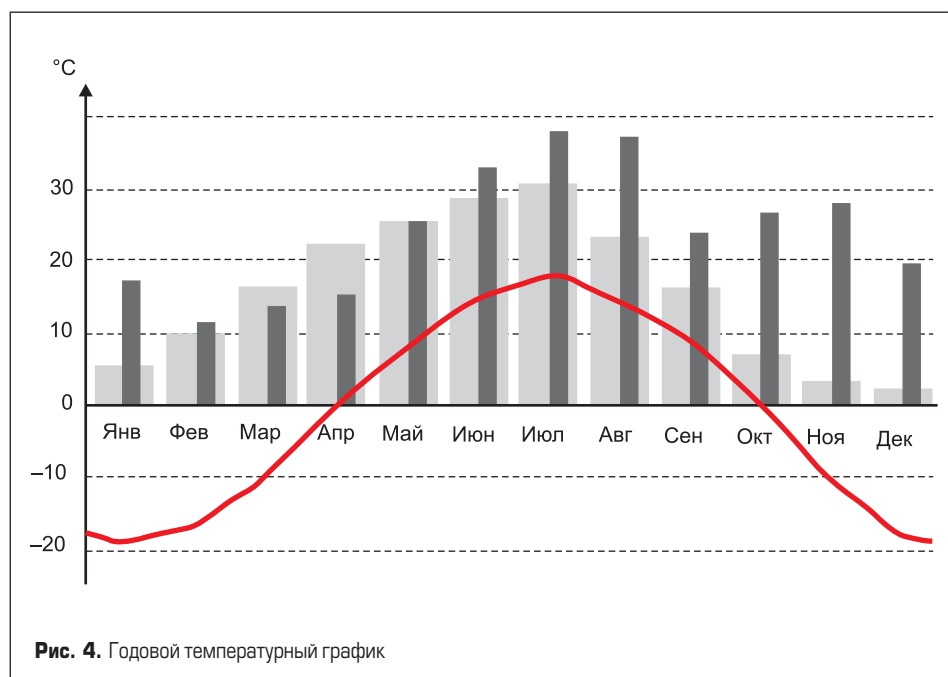


Рис. 4. Годовой температурный график