

## СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

---

### ПЕРЕЧЕНЬ ДОКЛАДОВ

#### **РАСЧЕТ СТАТИКИ ГИБКИХ ПРОВОДОВ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ СИЛАМИ**

АБРАМЕНКО М.В., МАГИСТРАНТ  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ БЛАДЬКО Ю.В.

#### **СПОСОБЫ ПОДАВЛЕНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК**

ЕРМОЛИНСКАЯ Л.Э., ТАРАРАЙ А.О.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ СУХОДОЛОВ Ю.В.

#### **АКТИВНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ**

ЛОЙКО А.Ю.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ СУХОДОЛОВ Ю.В.

#### **СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН КАК ФИЛЬТРОВ ВЫСШИХ ГАРМОНИК**

ЧУЧКОВ А.В., РОМАНОВИЧ Н.М.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ СУХОДОЛОВ Ю.В.

#### **РЕЗОНАНСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ С ИСТОЧНИКОМ ТОКА**

КЛЯВДО М.А., МАЦУК А.С.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ СУХОДОЛОВ Ю.В.

#### **БЕСКОНТАКТНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ**

БАЛОБАН И.С.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ МОРОЗ Р.Р.

#### **КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ**

ДЕРВОЕД К.С.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – К.Т.Н., ДОЦЕНТ МОРОЗ Р.Р.

#### **ОСНОВЫ РАБОТЫ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ**

ЗУБОВИЧ Д.В., КУМΠΑН Е.Д.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

#### **ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ РОБОТОВ-ПЫЛЕСОСОВ**

ДУБИК О.С., СВИРИД В.А.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

#### **ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ «УМНЫХ ОЧКОВ» – *GOOGLE GLASS***

НИКОЛАЙКОВА А.Н., КОВАЛЁВА Д.О.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

#### **УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ**

СОСНОВСКИЙ П.В., ДМИТРОВ С.А.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

#### **БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ**

ГРИЩЕНКО М.Ю., ДЕМИДОВИЧ А.Ю.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

#### **ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНИКА С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

КОЗЛОВСКАЯ С.А., ЩИТНИКОВА Ю.С.  
НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – СТАРШИЙ ПРЕПОДАВАТЕЛЬ МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

**ВОЗМОЖНОСТИ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ**

ШЕВЧЕНКО А.Д., АМЕЛИН Т.М.  
Научный руководитель – Михальцевич Г.А.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЕЙ ПЕЛЬТЬЕ В АВТОМОБИЛЯХ**

ВЕРАС А.К., ГАЛУЗИН И.С.  
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

**УМНЫЙ ДОМ**

АЛИМОВА Д.А., ЛОПАТКО А.М.  
Руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

**УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ**

МИКИРЕЙ А.С., РОГИНСКИЙ М.О.  
Научный руководитель - старший преподаватель Михальцевич Г.А.

**АВТОЖИР – НОВЫЙ СПОСОБ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ**

БАРАНОВА Е.И., СТУПИНА Е.А.  
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г. А.

**УСТРОЙСТВО ПРОЕЦИРУЕМОЙ КЛАВИАТУРЫ**

БЕЛЯШОВА П.Н., МЫСИКОВА Д.Д.  
Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СОТОВОЙ СВЯЗИ**

ДРИЩИЦ Т.Ф.  
Научный руководитель – старший преподаватель Германович Е.И.

**ПРОЕКТ SOLAR ROADWAYS - СОЛНЕЧНЫЕ ПУТИ**

САМЕЦ, О. В.  
Научный руководитель - старший преподаватель Германович Е.И.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ VEHICLE-TO-GRID ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ СУТОЧНОГО ГРАФИКА НАГРУЗКИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ**

ОЗЕРЕЦ Ю.В., ПОЛЮХОВИЧ А.Д.  
Научный руководитель – старший преподаватель Новикова Л.И.

**ТЕХНОЛОГИЯ WI-CHARGE**

РУСЕЦКАЯ М.И., СТАСУЛА Я.А.  
Научный руководитель – старший преподаватель Новикова Л.И.

**СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ НАСОСОВ**

СЛЕПИЦА М.С.  
Научный руководитель – старший преподаватель Зеленко В.В.

**СХЕМОТЕХНИКА IGBT ТРАНЗИСТОРОВ**

КУРЬЯНОВ П.В.  
Научный руководитель старший преподаватель Михальцевич Г.А.

**ДЕНЬГИ ИЗ ВЕТРА**

КУЗЬМИНА А.В., ЛАБАН Д.В.  
Научный руководитель – Зеленко В.В.

**ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА БЕЛАРУСИ. НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ**

НЕНАРТОВИЧ Э.В.  
Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

**СРАВНЕНИЕ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ И СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП**

БОГДАН А.А., ЗАХАРЧЕНКО В.Ю.  
Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ДОРОГА**

ТВЕРДУНОВА А.Д.

Научный руководитель – старший преподаватель ПЕКАРЧИК О. А.

**СОВМЕСТНАЯ РАБОТА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ С ЭНЕРГОХРАНИЛИЩАМИ**

ПЕСТРАК А.В., СТРАЧИНСКИЙ С.И.

Научный руководитель – старший преподаватель ПЕКАРЧИК О. А.

**УСТРОЙСТВА АВАРИЙНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ ГАЗОВЫХ КОТЛОВ**

ДУБИНЧУК Ю.Д., ЕЛИСЕЕНКО Е.А.

Научный руководитель – старший преподаватель МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

**СОВРЕМЕННЫЕ НОВИНКИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА: БЕЗРЕЛЬСОВЫЙ И БЕСПИЛОТНЫЙ ТРАМВАЙ**

ГУК Ю. А.

Научный руководитель – старший преподаватель МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

**УГЛЕРОДНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ**

ДЯЧЁК О.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент ЕЖОВ В.Д.

**НЕКОТОРЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ЗАЖИГАНИЯ**

ЛОПАТО П.С., СТЕПУСЬ И.И.

Научный руководитель – старший преподаватель МИХАЛЬЦЕВИЧ Г.А.

**СЕРВОПРИВОД**

КЛЯНЧЕНКО И.А. МЫШКОВЕЦ М.А.

Научный руководитель – старший преподаватель ЖУКОВСКАЯ Т.Е.

**УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ**

ДРОЖЖА А.Д., ПРОЦКО М.С.

Научный руководитель – старший преподаватель ЖУКОВСКАЯ Т.Е.

УДК 621.316.35

## РАСЧЕТ СТАТИКИ ГИБКИХ ПРОВОДОВ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ СИЛАМИ

Абраменко М.В., магистрант

Научный руководитель – к.т.н., доцент Бладыко Ю.В.

Задачей механического расчета гибких проводов распределительных устройств (РУ) и воздушных линий (ВЛ) является определение стрел провеса и тяжений в различных режимах климатических воздействий. В механическом расчете гибких проводов сосредоточенные нагрузки от распорок, заградительных шаров, гирлянд изоляторов, шлейфов, отпаек к электрическим аппаратам и других элементов заменяются распределенной по пролету [1].

В существующих методах провод с равномерно распределенной нагрузкой обычно рассматривается как однородная гибкая нить, имеющая очертание параболы. Расчет такой нити производится по уравнению состояния, вывод которого основан на сравнении длин нити при разных климатических условиях и разном нагружении.

Провод с несколькими различными видами нагрузок должен рассматриваться как комбинированная, т. е. неоднородная гибкая нить, не имеющая плавного очертания параболы по всей длине пролета. Плавность очертания нарушается как в местах примыкания равномерно распределенных нагрузок разной интенсивности, так и в местах приложения сосредоточенных сил. Еще более сложное очертание кривой провисания провода получается при одновременном действии различных нагрузок в двух взаимно перпендикулярных направлениях — вертикальном и поперечном горизонтальном. Во всех таких случаях длина неоднородной нити должна определяться как сумма длин отдельных участков, на которых сохраняется очертание параболы (или условно сохраняется, например, при нагрузке от действия ветра).

Уравнение состояния провода не отличается по структуре от обычного уравнения состояния, по которому рассчитываются провода ВЛ с равномерно распределенными нагрузками. Но для того, чтобы уравнение было применимо для неоднородной нити, ее заменяют приведенной (эквивалентной) однородной нитью, что достигается путем введения приведенной (эквивалентной) равномерно распределенной по длине пролета нагрузки. Приведенная нагрузка определяется из условия равенства длины однородной нити с равномерно распределенной приведенной нагрузкой длине комбинированной нити с распределенными нагрузками разной интенсивности и в общем случае также длине нити с сосредоточенными нагрузками разной величины, приложенными в разных местах пролета.

Длина неоднородной (комбинированной) нити определяется путем интегрирования дифференциального уравнения нити по участкам. Для перехода от неоднородной нити к эквивалентной однородной при любой схеме загрузки пролета определяется переходный коэффициент  $K$ , называемый коэффициентом нагрузки. Приведенная нагрузка вычисляется как произведение величины равномерно распределенной нагрузки для данного провода на коэффициент нагрузки.

Вместо, в большинстве случаев, трудоемкого непосредственного интегрирования по участкам можно воспользоваться приемом перемножения эпюр «балочных» поперечных сил – приемом Верещагина.

В статье на примере пролета без натяжных гирлянд изоляторов рассматривается действие на провод сосредоточенных нагрузок, определяется погрешность при замене сосредоточенных сил равномерно распределенной вдоль пролета нагрузкой.

Гибкая однородная нерастяжимая тяжёлая нить с закреплёнными концами в однородном гравитационном поле принимает форму цепной линии.

По уравнению цепной линии стрела провеса в середине пролета

$$f_0 = a \cdot \left[ \operatorname{ch} \left( \frac{l}{2 \cdot a} \right) - 1 \right],$$

где  $a = H/q$ ;

$l$  – длина пролета;

$H$  – тяжение в проводе (горизонтальная составляющая);

$q$  – погонный вес провода.

Длина провода

$$L = 2 \cdot a \cdot \operatorname{sh}\left(\frac{l}{2 \cdot a}\right).$$

Практически тот же результат дает сумма разложения гиперболической функции в степенной ряд (ряд Маклорена)

$$f_0 = \frac{l^2}{2^2 \cdot 2! \cdot a} + \frac{l^4}{2^4 \cdot 4! \cdot a^3} + \dots = \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot H} + \frac{q^3 \cdot l^4}{384 \cdot H^3} + \dots$$

при длине провода

$$L = l + \frac{l^3}{2^2 \cdot 3! \cdot a^2} + \frac{l^5}{2^4 \cdot 5! \cdot a^4} + \dots = l + \frac{q^2 \cdot l^3}{24 \cdot H^2} + \frac{q^4 \cdot l^5}{1920 \cdot H^4} + \dots$$

Учитывая, что для встречающихся на практике случаях  $2a \gg l$ , то пользуются только первым слагаемым, соответствующим представлению провода параболой:

$$f_0 = \frac{q \cdot l^2}{8 \cdot H},$$

что дает погрешность порядка 0,2%.

Длина провода определяется при этом как

$$L = l + \frac{q^2 \cdot l^3}{24 \cdot H^2}.$$

Стрела провеса для эквивалентного провода

$$f_0 = \frac{q \cdot l^2 \cdot K_f}{8 \cdot H},$$

где  $K_f$  – коэффициент увеличения стрелы провеса, обусловленный наличием сосредоточенных сил, гирлянд изоляторов, распорок, заградительных шаров, отпаяк.

Длина эквивалентного провода определяется при этом как

$$L = l + \frac{q^2 \cdot l^3 \cdot K^2}{24 \cdot H^2}.$$

Расчетная модель пролета показана на рис. 1, а.

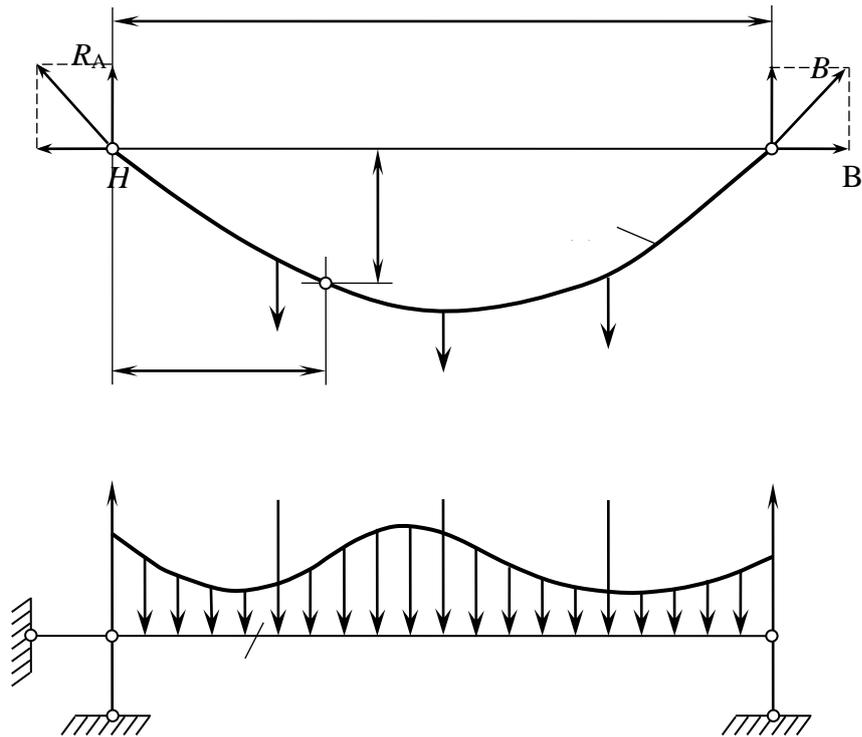


Рисунок 1. Расчетная схема пролета:

- а) провод с вертикальными нагрузками, распределенными  $q(x)$  и сосредоточенными  $P_i$ ;
- б) провод в виде простой разрезной балки с шарнирными опорами, загруженной так же, как и провод

Вертикальные реакции  $A$  и  $B$  (рис. 1, б) можно назвать балочными реакциями, как это принято, например, при определении вертикальных реакций трехшарнирной арки или вантовых систем [5].

Составим уравнение моментов относительно какого-нибудь произвольно выбранного сечения провода с координатами  $x$  и  $y$  от всех внешних сил, расположенных слева от этого сечения. Учитывая, что изгибающий момент в любом сечении провода (как гибкой нити) равен нулю, получим:

$$\sum M = Ax - \sum M_q - \sum M_p - Hy = 0,$$

где  $A$  – опорная балочная реакция;

$x, y$  – координаты провода;

$\sum M_q$  – сумма моментов распределенных нагрузок;

$\sum M_p$  – сумма моментов сосредоточенных сил.

Алгебраическая сумма моментов вертикальных сил, входящих в это равенство, численно равна изгибающему моменту, который возник бы в простой однопролетной балке с шарнирными опорами, загруженной так же, как провод. Обозначая этот балочный изгибающий момент через  $M(x)$ , получим

$$y = \frac{M(x)}{H}. \tag{1}$$

Так как  $M(x)$  есть переменная величина балочного изгибающего момента в зависимости от абсциссы  $x$ , то по формуле (1) может быть определена стрела провеса в любом месте пролета.

В середине пролета  $x = l / 2$  и максимальная стрела провеса  $f_0 = y = M(l / 2) / H$ .

Приведенная (эквивалентная) нагрузка  $\hat{q} = qK$ .

Напряжение в проводе  $\sigma = H / F$ ,

где  $F$  – площадь сечения провода.

Определив для всех режимов эквивалентные погонные нагрузки  $\hat{q}$  и удельные  $\hat{\gamma} = \hat{q} / F$ , составляется уравнение состояния. При этом следует учитывать упругое и температурное удлинения провода на длине  $l_1$ . Тогда получим разность длин провода в двух режимах, из которых один исходный (с индексом 0):

$$\Delta L = \frac{\hat{\gamma}^2 l_1^2}{24\sigma^2} - \frac{\hat{\gamma}_0^2 l_1^2}{24\sigma_0^2} = \frac{l_1}{E} (\sigma - \sigma_0) + \alpha l_1 (t - t_0),$$

Откуда

$$\sigma - \frac{\hat{\gamma}^2 El^2}{24\sigma^2} = \sigma_0 - \frac{\hat{\gamma}_0^2 El^2}{24\sigma_0^2} - \alpha E (t - t_0), \tag{2}$$

где  $\hat{\gamma} = \gamma K$ ,  $\hat{\gamma}_0 = \gamma_0 K_0$ ;

$E$  – модуль упругости провода;

$\alpha$  – коэффициент температурного удлинения провода;

$t$  – температура провода.

Уравнение состояния позволяет определить тяжение после изменения числа сосредоточенных нагрузок, например, после установки распорок, подвешивания заградительных шаров, крепления отпаек.

Коэффициент нагрузки при отсутствии натяжных гирлянд изоляторов и одинаковых высотах подвеса проводов на опорах:

$$K^2 = 1 + 12 \left\{ \frac{1}{Ql^2} \sum_1^n P_i a_i b_i + \frac{1}{Q^2 l^2} \left[ \sum_1^n P_i^2 a_i b_i + 2 \left( P_1 a_1 \sum_2^n P_i b_i + P_2 a_2 \sum_3^n P_i b_i + \dots + P_{n-2} a_{n-2} \sum_{n-1}^n P_i b_i + P_{n-1} a_{n-1} P_n b_n \right) \right] \right\},$$

где  $Q = ql$  – вес провода в пролете без учета провиса;

$a_i = li / (n + 1)$  – расстояние до опоры А  $i$ -ой сосредоточенной силы при их равномерной расстановке вдоль пролета;

$b_i = l - a_i = l(n + 1 - i) / (n + 1)$  – расстояние до опоры В  $i$ -ой сосредоточенной силы;

$P_i = P / n$  – вес  $i$ -ой сосредоточенной нагрузки;

$P$  – суммарный вес всех сосредоточенных нагрузок;

$n$  – число сосредоточенных сил в пролете.

После подстановки получим

$$K^2(n) = 1 + 12 \left\{ K_p \cdot \frac{(n+2)}{6 \cdot (n+1)} + K_p^2 \left[ \frac{(n+2)}{6 \cdot n \cdot (n+1)} + \frac{[(n-1) \cdot n + 2 \cdot (n-1) \cdot (n-2) + \dots + 6 \cdot (n-2) + 2 \cdot (n-1)]}{n^2 \cdot (n+1)^2} \right] \right\},$$

после упрощения

$$K^2(n) = 1 + 2 \cdot \frac{n+2}{n+1} \cdot K_p + \frac{n+2}{n} \cdot K_p^2,$$

где  $K_P = P / Q$  – коэффициент сосредоточенных сил.

При большом числе сосредоточенных сил коэффициент нагрузки

$$K = \lim_{n \rightarrow \infty} K(n) = 1 + K_P. \quad (3)$$

После расчета опорных балочных реакций

$$A = B = (Q + P) / 2 = Q(1 + K_P) / 2$$

можно определить по формуле (1) максимальную стрелу провеса

$$f_0(n) = \frac{1}{H} \left[ \frac{q \cdot l^2}{8} + \frac{P \cdot l}{4} - \frac{P \cdot l}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{1}{2} - \frac{i}{n+1} \right) \right].$$

После упрощения получим

$$f_0(n) = \frac{q \cdot l^2 \cdot K_f(n)}{8 \cdot H},$$

где

$$K_f(n) = 1 + K_P \cdot \left( 1 + \frac{1}{n} \right).$$

При  $n \rightarrow \infty$  провод можно считать загруженным распределенной нагрузкой  $q + P / l = q(1 + K_P)$ , т.е. коэффициент нагрузки равен  $K = K_f(\infty) = 1 + K_P$ , что подтверждает ранее полученное выражение (3).

#### Литература

1. Бладыко, Ю. В. Механический расчет гибких токопроводов при замене сосредоточенных сил распределенной нагрузкой / Ю. В. Бладыко // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2018. Т. 61, № 2. С. 97-107.

УДК 621.316

## СПОСОБЫ ПОДАВЛЕНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

Ермолинская Л.Э., Тарарай А.О.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Суходолов Ю.В.

Искажения напряжения и тока возникают в электрической сети по многим причинам. В зависимости от источника и природы возникновения высших гармоник (ВГ) выбираются способы их компенсации. Область распространения высших гармоник тока и напряжения также влияет на выбор средств борьбы с ними.

Увеличение действующего значения тока при наличии высших гармоник в системе приводит к перегреву всего оборудования распределенной сети электропитания, снижению коэффициента мощности, снижению электрического и механического КПД нагрузок, ухудшению характеристик защитных автоматов и завышению требуемой мощности автономных электроэнергетических установок.

Для подавления высших гармоник тока применяют: линейные дросселя, пассивные фильтры, разделительные трансформаторы, магнитные синтезаторы, активные кондиционеры гармоник.

Высшие гармоники, генерируемые нелинейной нагрузкой, создают дополнительные потери в трансформаторах. Гармоники напряжения вызывают в трансформаторах увеличение потерь на гистерезис и потерь, связанных с вихревыми токами в стали, а также потерь в обмотках. Сокращается также срок службы изоляции.

Снижение несинусоидальности напряжения обеспечивается или рациональным построением схемы электрической сети предприятия, при которой коэффициент гармоник напряжения будет в допустимых границах, или применением специальных схем нелинейных нагрузок, а также корректирующих устройств. Однако, применяют разные методы.

В настоящее время все большее внимание уделяется разработке технических средств компенсации высших гармоник, основанных на применении силовой преобразовательной техники. Такие средства позволяют не только повышать качество электроэнергии в электрических сетях, но и с высоким быстродействием управлять потоками реактивной мощности. Активные фильтры, например, позволяют повышать коэффициент мощности сети и компенсировать гармонические искажения в напряжении и токе.

Схема замещения определена природой электромагнитного устройства с магнитопроводом с нелинейными свойствами за счет ферромагнитных магнитопроводов.

Рассмотрев наиболее простой случай, когда из системы можно выделить пару: генератор высших гармоник-нагрузка возникает одна из мер снижения высших гармоник: близкое расположение вероятного источника высших гармоник к мощной нагрузке или подключение дополнительной активной нагрузки.

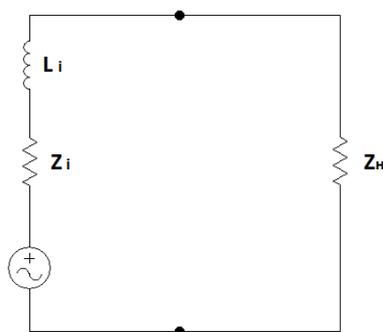


Рисунок 1. Источник тока высших гармоник

Рассмотрев наиболее простой случай, когда из системы можно выделить пару: генератор высших гармоник-нагрузка, то

$$\eta = \frac{S_n}{S_{\text{полн}}} = \frac{Z_n}{Z_i + Z_n} = \frac{1}{1 + \frac{Z_i}{Z_n}}, \text{ при } Z_i \gg Z_n \quad \eta = \frac{Z_n}{Z_n + Z_i} \approx 0$$

Чем больше нагрузка, тем ниже КПД передачи.

$$Z_i + Z_n = Z_i$$
$$\eta = \frac{Z_n}{Z_i}$$

### Литература

1. Добуш В.С. Особенности возникновения высших гармоник в электрических сетях // Современная техника и технологии. 2015. № 5 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://technology.snauka.ru/2015/05/6851>. -Дата доступа: 29.04.2018
2. Я.Э. Шклярский, А.Н. Скамын. Проблемы высших гармоник в сетях промышленных предприятий // Электротехника і Електроніка. 2013. №1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/problemy-vysshih-garmonik-v-setyah-promyshlennyh-predpriyatiy>. -Дата доступа: 29.04.2018

УДК.621.3

**АКТИВНАЯ КОМПЕНСАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИСКАЖЕНИЙ**

Лойко А.Ю.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Суходолов Ю.В.

Постоянное увеличение нелинейных нагрузок в сети приводит к отрицательным воздействиям во всей электроэнергетической системе (ЭЭС), а именно искажению тока и напряжения. Искажения заключаются в генерации нелинейными потребителями высших гармонических составляющих, которые нарушают работу вычислительной техники, устройств релейной защиты, вызывают резонансные явления в ЭЭС, перегрев и выход из строя электрооборудования. Существуют три основные группы методов повышения качества электроэнергии:

- 1) Оптимизация электроснабжения, включающая в себя увеличение мощности сети и перевод нагрузки в режим минимальных искажений.
- 2) Исключение недозагрузки электродвигателей и трансформаторов, включение в состав потребителя пассивных корректирующих устройств.
- 3) Применение активных фильтров.

Одним из наиболее эффективных является третий метод.

Активный фильтр анализирует гармонический состав потребляемого тока и генерирует в сеть аналогичный состав, но в противофазе. Для этого ведется сложный расчет параметров сигнала управления данным устройством, от точности и скорости вычисления необходимых значений напрямую зависит результат, а именно выравнивание гармонических искажений и повышение качества электроэнергии.

Существует так же комбинированный способ активной фильтрации – гибридный фильтр, совмещающий в себе активный и пассивный фильтры, может быть либо последовательного, либо параллельного типа. Пассивный фильтр выполняет основную фильтрацию, а активный, благодаря возможности точечной коррекции, охватывает оставшиеся порядки гармоник.

Полная компенсация высших гармонических составляющих тока требует точного измерения амплитуд  $|A_{n0}|$  и начальных фаз  $\psi_n$ . Согласно [1], определяем значения амплитуд  $|A_{n0}|$  по выражению (1):

$$|A_{n0}| = \frac{4A}{\pi n_0} \left| \sin \left( \frac{n_0 \omega \Delta t_3}{2} \right) \right| \quad (1)$$

$A$  - амплитуда прямоугольных импульсов результирующей последовательности;

$\omega = \frac{2\pi}{T}$  - циклическая частота следования импульсов результирующей последовательности.

Начальные фазы  $\psi_n$  находим согласно [2], по выражению (2):

$$\psi_n = \frac{2 \cos \omega t}{nf(n)f(\varphi_1, t_3) + f(t_3)} + f(n, T) \quad (2)$$

$\varphi_1$  - фазовый сдвиг между опорным сигналом и первой гармоникой анализируемого сигнала;

$t_3$  - время между моментами перехода через ноль опорного и анализируемого сигнала;

$n=3,5,7,\dots$  - номер гармоники;

$\omega$  - несущая угловая частота анализируемого сигнала, равная частоте опорного сигнала.

Как видно из выражений, контролировать изменения амплитуд и начальных фаз целесообразней по значениям параметров  $\Delta t_3$  и  $\Delta \varphi_1$ , однако из-за малых величин этих параметров и непредсказуемого характера изменения нагрузки, измерениям необходимо

предъявлять повышенные требования к скорости и точности их вычисления. Спектральные преобразования, позволяют обеспечить необходимую точность измерения исходных значений.

Поэтому путем формирования последовательности прямоугольных импульсов в моменты перехода через ноль питающего напряжения, являющегося опорным сигналом синусоидальной или косинусоидальной формы, с первой гармонической составляющей анализируемого сигнала для определения  $\varphi_1$ .

Время задержки  $t_3$  определяем между моментом перехода через ноль из положительных в отрицательные значения опорного сигнала и моментом перехода из положительных в отрицательные значения анализируемого сигнала.

Значения начальных фаз высших гармоник, связанных однозначной зависимостью с начальной фазой первой гармоники и временем  $t_3$ . Точность измерения  $t_3$  имеет решающее влияние на точность определения начальных фаз высших гармоник тока и корректность компенсации искажений.

Цифровые измерители временных интервалов при изменении спектрального состава сигнала, не позволяют измерить изменение  $t_3$  из-за низкого быстродействия.

#### Литература

1. Патент ВУ 19876 С1, 2016.02.28.Способ спектрального анализа квазипериодического электрического сигнала // Патент Беларуси № а20130997. 2016. / Суходолов Ю.В., Чумаков С.А., Крученюк Л. П., Пушкарева Н.В.
2. Патент ВУ 16873 С1, 2013.02.28.Способ определения начальных фаз высших гармонических составляющих периодического сигнала // Патент Беларуси № а20110540. 2013. / Суходолов Ю.В., Чумаков С.А., Сицко А.Л.
3. Волков А.В., Волков В.А. Компенсация мощности искажений и реактивной мощности посредством активного фильтра с прогнозируемым релейным управлением// Электротехника. – 2008. – № 3. – С. 2–10.

УДК 621.576

## СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН КАК ФИЛЬТРОВ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

Чучков А.В., Романович Н.М.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Суходолов Ю.В.

Повышением эффективности производства, передачи и распределения электроэнергии было и остаётся одной из важнейших проблем современной энергетики. В настоящее время большая часть промышленной и коммерческой нагрузки в основном является нелинейной, искажения, создаваемые ими в низковольтных распределительных, сетях необходимо снижать до уровня определённого ГОСТа.

Это является причиной низкого качества электроэнергии из-за высокого уровня высших гармоник тока.

Негативное влияние гармонических составляющих напряжения: дополнительные потери в трансформаторах, дополнительные потери в шинпроводах, тепловое старение изоляции, резонансные явления на частотах высших гармоник, влияние высших гармоник на работу устройств защиты энергосистем, снижение точности работы.

В условиях несинусоидальности тока ухудшаются условия работы батарей конденсаторов.

Одним из эффективных средств борьбы с искажением в устройстве – это использование пассивных фильтров, подключенного параллельно к искажающей нагрузке, состоящим из последовательно соединенных ёмкости и индуктивности.

Для построения фильтра высших гармоник можно использовать электрические части синхронных и асинхронных двигателей, трансформатора, так как схема замещения состоящей из распределенной индуктивности и емкости представляет из себя цепную схему. Учитывая то, что источник тока является источником высших, следовательно, процессы, проходящие в фильтре будут отличаться от процессов, проходящих при питании от источника ЭДС. Для подавления высших гармоник целесообразнее использовать последовательный LC-фильтр.

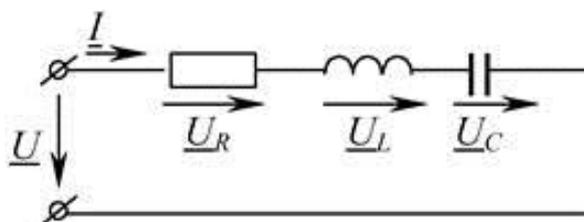


Рисунок 1. Последовательный LC-фильтр

Процесс проходящий в фильтре будет резонансным, и поэтому необходимо разобраться в особенностях резонанса в последовательных электрических цепях при питании от источника тока.

Необходимо рассмотреть условие резонанса в электрической цепи:

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0; \quad (1)$$

Из этого следует:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}, \quad (2)$$

где  $\omega L$  – индуктивное сопротивление катушки индуктивности, Ом;

$\frac{1}{\omega C}$  – емкостное сопротивление конденсатора, Ом.

Это условие может быть представлено в виде условия резонанса напряжений для любой цепи

$$\text{Im}\{Z\} = 0 \quad (3)$$

где  $Z$  – полное сопротивление цепи, Ом.

После выполнения эксперимента были построены частотные характеристики  $U(\omega)$ ,  $U_R(\omega)$ ,  $U_L(\omega)$ ,  $U_C(\omega)$ ,  $I(\omega)$ :

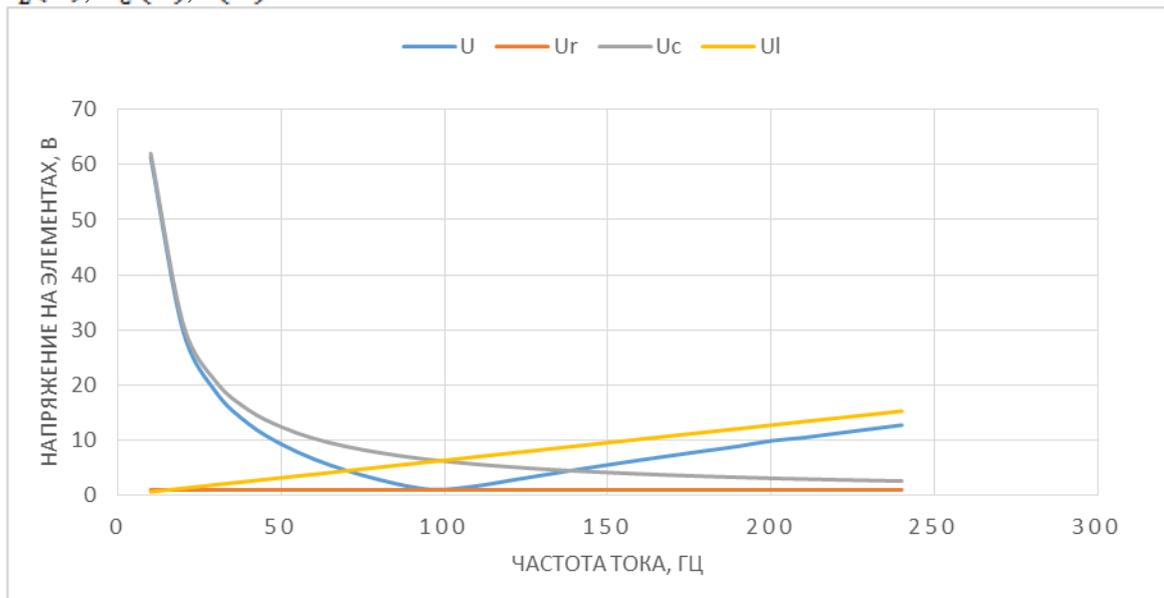


Рисунок 2. Частотная характеристика последовательного колебательного LC-контура

Где видно, что ток  $I$  постоянен:

$$I = const \tag{4}$$

Тогда напряжение на активном сопротивлении  $R$ :

$$U_R(\omega) = IR = const \tag{5}$$

Напряжение на емкости  $C$ :

$$U_C(\omega) = IX_C = \frac{I}{\omega C}, \tag{6}$$

где  $X_C$  – реактивное сопротивление конденсатора, Ом.

При частоте  $\omega = 0$  все входное напряжение приложено к конденсатору, так как реактивное сопротивление конденсатора  $X_C = \infty$ , тогда как при  $\omega \rightarrow \infty$ , то  $X_C \rightarrow 0$ , и напряжение на конденсаторе  $U_C \rightarrow 0$ . Максимум  $U_C$  наступает при частоте, меньшей, чем резонансная частота  $\omega_0$ , так как для получения  $U_C$  необходимо ток  $I$  умножить на убывающую величину  $\frac{1}{\omega C}$ .

Напряжение на индуктивности:

$$U_L(\omega) = IX_L = I\omega L, \tag{7}$$

где  $X_L$  – реактивное сопротивление катушки, Ом.

При  $\omega = 0$  все входное напряжение приложено к катушке равно 0, так как  $X_L = 0$ , тогда как при  $\omega \rightarrow \infty$ , то  $X_L \rightarrow \infty$ , и напряжение на катушке  $U_L \rightarrow \infty$ . Максимум  $U_L$  наступает при частоте, больше  $\omega_0$ , так как для получения  $U_L$  необходимо ток  $I$  умножить на линейную величину  $\omega L$ .

Стоит обратить внимание на пару моментов: в полосе пропускания этого фильтра практически нет затухания сигнала. Так как данный фильтр работает по принципу последовательного резонанса, резонансная частота которого не зависит от сопротивления в цепи, величина нагрузочного резистора не искажает пика частоты. Установка таких фильтров экономически выгоднее, чем увеличение числа фаз выпрямителя, и всегда рекомендуется,

когда система переменного тока резонирует на какой-либо гармонике или, когда имеют место помехи линиям связи из-за индуктивного влияния гармоник.

#### Литература

1. Жежеленко, И.В. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях / И.В. Жежеленко, М.Л. Рабинович, В.М. Божко Киев:1. Техника,. 1981 160 с.
2. Розанов Ю.К. Современные методы улучшения качества электроэнергии / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий // Электротехника. 1998, №3. С. 10-16.
3. Железко, Ю.С. Инструкция по нормированию, анализу и снижению потерь электроэнергии в электрических сетях энергоснабжающих организаций / Ю.С. Железко // Экологические системы. 2005. - №10.

УДК 621.316

## РЕЗОНАНСНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ С ИСТОЧНИКОМ ТОКА

Клявдо М.А., Мацук А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Суходолов Ю.В.

Рассмотрим резонансные процессы в параллельном фильтре высших гармоник. В фильтре будут накладываться резонансные процессы от источников тока и напряжения.

Электромагнитные действия высших гармоник тока: искажение формы питающего напряжения; падения напряжения в распределительной сети; резонансные явления на частотах высших гармоник; наводки в телекоммуникационных и управляющих сетях; повышенный акустический шум в электромагнитном оборудовании; вибрация в электромашинных системах.

Значения коэффициентов, гармонических составляющих напряжения, % в сети с напряжением 0,38 кВ для:

- 1) для гармоники  $n=3 = 5 \%$ ;
- 2) для гармоники  $n=5 = 6 \%$ ;
- 3) для гармоники  $n=7 = 5 \%$ .

Значения суммарных коэффициентов, гармонических составляющих напряжения в сети с напряжением 0,38 кВ = 8 %.

Типы фильтров высших гармоник:

-пассивные фильтры, которые состоят только из неактивных элементов, таких как индуктивность, емкость и активное сопротивление;

-активные фильтры, которые кроме пассивных элементов имеют силовые полупроводниковые ключи и систему управления ими;

-гибридные фильтры, состоящие из активного фильтра и пассивного.

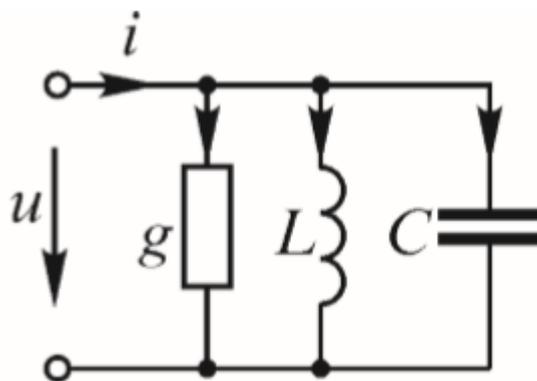


Рисунок 1. Исследуемый контур.

Таким образом, взаимная компенсация реактивных проводимостей, при которой наступает резонанс в данной цепи, имеет место, если либо частота, либо индуктивность, либо емкость подобраны согласно соотношениям

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; L_0 = \frac{1}{\omega^2 C}; C_0 = \frac{1}{\omega^2 L},$$

где  $\omega_0$  - резонансная частота, Гц;

$L_0$  - резонансная индуктивность, Гн;

$C_0$  - резонансная емкость, Ф;

$L$  - индуктивность, Гн;

$C$  - емкость, Ф;

$\omega$  - частота, Гц.

Эти резонансные характеристики не зависят от вида источника, однако частотная характеристика  $U(\omega)$  при  $I = \text{const}$ ,  $g = \text{const}$ ,  $L = \text{const}$ ,  $C = \text{const}$  имеет характерный вид.

$$U(\omega) = \frac{I}{\sqrt{g^2 + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2}}$$

$$I_L = \frac{U(\omega)}{\omega L} \text{ и } I_C(\omega) = U(\omega)\omega C,$$

где  $I$  – сила тока, А;  
 $g$  – активная проводимость, См;  
 $L$  – индуктивность, Гн;  
 $C$  – емкость, Ф;  
 $\omega$  – частота, Гц;  
 $I_L$  – сила тока в катушке, А;  
 $I_C$  – сила тока в конденсаторе, А;  
 $U(\omega)$  – напряжение, В.

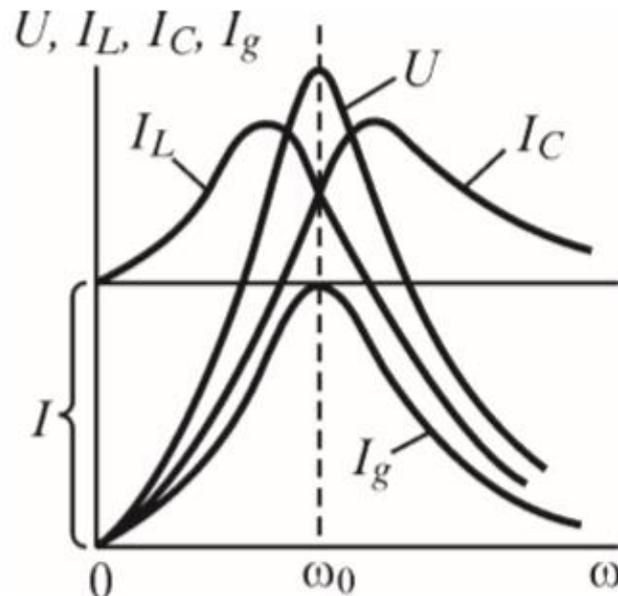


Рисунок 2. Частотная характеристика резонансного процесса при источнике тока.

При  $\omega=0$  имеем  $U=0$ , так как сопротивление катушки при  $I=\text{const}$  равно 0 и следовательно  $I=I_L$ .

При  $\omega=\infty$  имеем  $U=0$ , так как при этом сопротивление конденсатора падает до 0 и следовательно  $I=I_C$ .

При  $\omega=\omega_0$  имеем  $I_L=I_C$ , так как токи в катушке и в конденсаторе взаимно компенсируются. Следовательно  $I$  проходит через участок с проводимостью  $g(I_g=U_g=I)$ .

#### Литература

1. Arrillaga, J.; Smith, B.C.; Watson, N.R.; and Wood, A.R.; Power Systems Harmonic Analysis, John Wiley & Sons, 1997.
2. ГОСТ 32144-2013 .
3. Демирчян К.С., Нейман Л.Р. Теоретические основы электротехники. 4-е изд. Том 3, 2003.

УДК 621.314.632

## БЕСКОНТАКТНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА КОМПЛЕКСНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Балобан И.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Мороз Р.Р.

В силу ряда объективных обстоятельств электроприводное оборудование зачастую работает в тяжёлых условиях эксплуатации: влажность, пыль, агрессивные среды, асимметричное электропитание и т.д. Влияние всех этих факторов отрицательно сказывается на качестве и сроках работы электропривода. К примеру, только при асимметричном питании, либо обрыве одной из фаз, двигатель перегружается по току до 70% от номинального значения; соответственно, сокращается ресурс его работы и увеличивается нерациональное потребление электроэнергии.

Бесконтактные электронные устройства защиты позволяют защитить электроприводное оборудование от преждевременного износа и выхода из строя вследствие воздействия неблагоприятных условий эксплуатации и возникающих при этом аварийных режимов. Устройство защиты позволяет также продлить срок работы электроприводного электрооборудования, исключить дорогостоящий ремонт (перемотку) электродвигателя, т.е. получить реальную экономию материальных ресурсов, а также электроэнергии.

Так, например, сопоставляя стоимость перемотки и ремонта двигателя в случае выхода его из строя по вышеперечисленным причинам и затраты по применению системы защиты, получаем, что устройства защиты окупают себя даже при однократном срабатывании от аварийного режима на двигателях мощностью от 2,2 кВт и выше. А для двигателей мощностью 30 кВт система защиты окупается при однократном срабатывании уже как минимум в 10 раз и приносит экономический эффект порядка 2 млн. рублей при однократном срабатывании защиты.

А с учётом того, что при этом исключаются затраты времени на ремонт двигателя, простои технологического оборудования за время ремонта, транспортные расходы по доставке двигателя в ремонтную организацию и обратно, другие организационные, технические и моральные издержки, экономический эффект от внедрения устройств защиты является ещё более значимым.

Устройство предназначено для защиты 3-фазных электродвигателей переменного тока с короткозамкнутым или фазным ротором по следующим параметрам аварийных режимов:

- контроль наличия и чередования фаз электросети;
- обрыв фазы и недопустимая асимметрия фаз электросети;
- перегрузка по току (заклинивание ротора, увеличение тока электродвигателя сверх номинального значения из-за электрических или технологических перегрузок);
- предпусковой контроль сопротивления изоляции;
- защита по минимальному току (холостой ход, изменение нагрузки ниже минимальной);
- низкое сопротивление изоляции;
- перегрев обмоток статора.

На рисунке 1 изображена схема устройства. Устройство работает в двух режимах: когда двигатель отключён и когда двигатель включён.

Когда двигатель отключён, напряжение с одной из фаз подаётся на нормально замкнутые контакты пускателя КМ и далее через схему контроля устройства защиты на статорную обмотку двигателя. Контроль сопротивления изоляции осуществляется в течение всего времени, когда двигатель включён. При понижении сопротивления ниже 500 Ом устройство переходит в режим блокировки включения электродвигателя и его пуск становится невозможным. При нажатии на кнопку «Пуск», светодиодный индикатор загорается красным цветом, что сигнализирует о блокировке включения двигателя. При увеличении сопротивления изоляции пуск двигателя происходит в штатном режиме. В

системе предусмотрена функция режима короткого замыкания, при котором ток в измерительной цепи не превышает 5 мА.

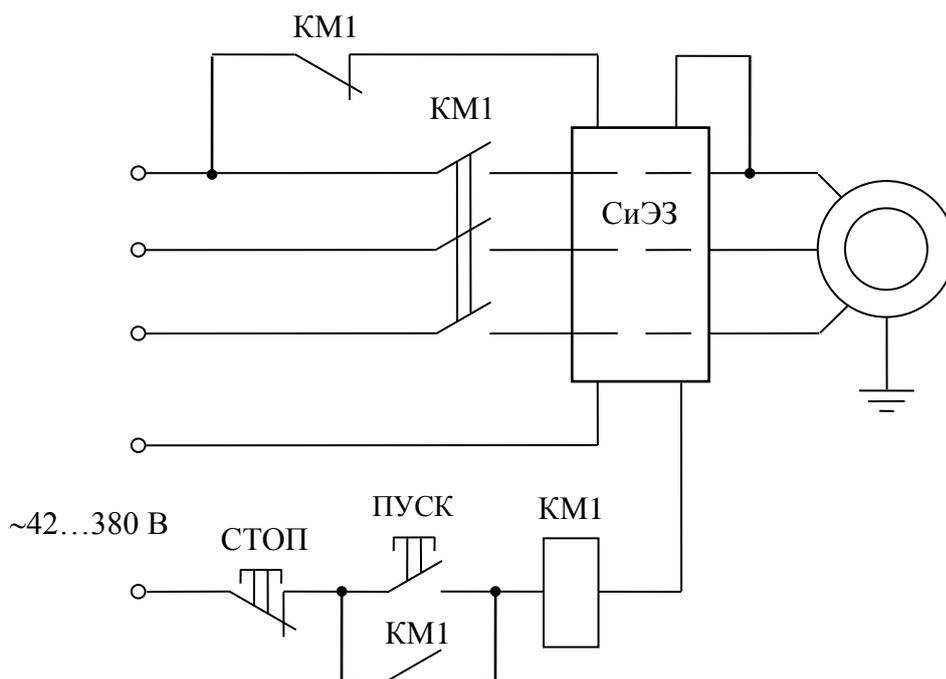


Рис. 1 Схема включения СиЭЗ для предпускового контроля сопротивления изоляции

Когда двигатель отключён, напряжение с одной из фаз подаётся на нормально замкнутые контакты пускателя КМ и далее через схему контроля устройства защиты на статорную обмотку двигателя. Контроль сопротивления изоляции осуществляется в течение всего времени, когда двигатель выключен. При понижении сопротивления ниже 500 кОм устройство переходит в режим блокировки включения электродвигателя и его пуск становится невозможен. При нажатии на кнопку “Пуск” светодиодный индикатор загорается красным цветом, сигнализирующем о блокировке включения двигателя. При увеличении сопротивления изоляции пуск двигателя происходит в штатном режиме. В системе предусмотрена функция режима короткого замыкания, при котором ток в измерительной цепи не превышает 5 мА.

Когда двигатель включён, то устройство определяет аварийные режимы не косвенным методом, как в других устройствах защиты, а непосредственным. Устройство настраивается на номинальный рабочий ток электродвигателя и определяет прямой контроль за его изменением по всем трём фазам одновременно с помощью встроенных или выносных датчиков тока, что обеспечивает высокую вероятность срабатывания защиты, исключая ложные срабатывания при кратковременных нетипичных перегрузках.

Преимущества устройства защиты:

-настройка устройства производится на номинальный рабочий ток электродвигателя с последующим прямым контролем за его изменением по всем 3-м фазам одновременно с помощью встроенных датчиков тока;

- устройство не требует отдельного источника питания;
- в устройстве отсутствуют выносные элементы и линии связи с ними;
- в устройстве имеется светодиодная индикация режимов работы и перегрузок;
- в устройстве имеется светодиодная индикация режимов работы и перегрузок;
- устройство не требует технического обслуживания в период эксплуатации.

Для комплексного решения проблем защиты и управления электрооборудованием на современной технологической базе разработаны также целый ряд и других приборов, взаимно дополняющих друг друга.

УДК 621.314.632

**КВАРЦЕВЫЙ ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСОВ**

Дервояд К.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Мороз Р.Р.

В электронных схемах в качестве задающего генератора (КГИ-кварцевый генератор импульсов) часто используется мультивибратор, выполненный по классической схеме. На рис. 1 представлена схема мультивибратора, выполненная на двух логических элементах

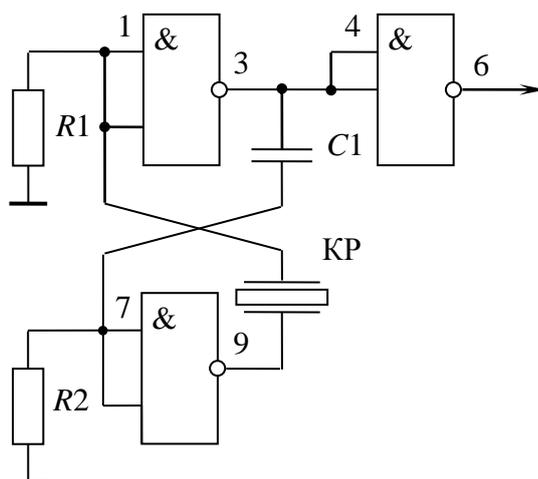


Рисунок 1. Кварцевый генератор импульсов

И-НЕ (микросхема К1ЛБ553) с положительной обратной связью. Для стабилизации частоты 5 замене конденсатора связи кварцевым резонатором стабильность частоты выходного сигнала определяется типом и классом кварцевого резонатора.

Параметры кварцевого генератора приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Диапазон рабочих температур, °С	- 60 ---+70
Диапазон напряжения питания, В	4,5 ---5.5
Диапазон рабочих частот, кГц	150 -2000
Сквозность выходного сигнала	2
Нестабильность частоты выходного сигнала, кГц	$1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4}$

Высокую надёжность задающего генератора можно обеспечить применением элементов высокой надёжности, снижением коэффициента нагрузки на элементы и резервированием. В большинстве случаев для получения заданной надёжности применяются все три способа, при этом основное внимание приходится уделять резервированию, как наиболее эффективному способу. Резервирование можно разделить на две основные группы: активное (ненагруженное) и пассивное (нагруженное) резервирование.

Первый способ резервирования более сложен, чем второй, и поэтому применяется, как правило, для резервирования целых систем или сложных блоков и не может быть применён для резервирования отдельных узлов или несложных блоков. Поэтому для повышения надёжности работы кварцевого генератора лучше применять второй способ – нагруженное резервирование, при котором для сокращения продолжительности переходного процесса при неисправностях в резервной схеме должны работать одновременно резервируемые элементы. Переключение с основного на резервный генератор при этом должно происходить, как при пропадании сигнала основного генератора, так и при изменении его частоты.

УДК 629.113

## ОСНОВЫ РАБОТЫ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

Зубович Д.В., Кумпан Е.Д.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Очевидно, что в ближайшем будущем беспилотный автомобиль станет массовым явлением, однако перед этим еще необходимо решить немало вопросов.

Беспилотный автомобиль – транспортное средство, оборудованное системой автоматического управления, которое может передвигаться без участия человека.

Рассмотрим главные достоинства и недостатки таких автомобилей. Достоинства:

1. Снижение случаев ДТП и пострадавших.
2. Экономия времени, которое затрачивается на вождение; позволяет отдыхать или заниматься другими делами в дороге.
3. Снижение стоимости транспортировки грузов с помощью экономии на заработной плате водителей.

Так же исключение превышения скорости и запрет вождения в нетрезвом виде. Автомобиль не позволит водителю сесть за руль, если тот находится в нетрезвом состоянии. Помощь службам скорой помощи и сокращение объема и количества пробок в мегаполисах: машины научатся «общаться» друг с другом. Многие пострадавшие дорожно-транспортных происшествий умирают до поступления в больницу из-за того, что врачи не успевают вовремя доехать до больного или довести его до больницы. Улучшение работы служб скорой помощи, увеличивает шансы выжить тем, кто попал в ДТП, и позволит избежать длительного лечения травм и инвалидности.

Недостатки:

1. Недостаточная надежность программного обеспечения.
2. Потеря работников, которые работали, непосредственно управляя транспортным средством (ТС).

Согласно недавним исследованиям ученые выяснили, что, благодаря массовому использованию беспилотных автомобилей, будет снижено число ДТП на 90% и спасены жизни тысяч людей. Пока на счету только лишь одна авария, виновником которой оказался компьютер. Также сейчас существуют такие фуры, в которых присутствует автопилот. Правда, по городу двигаться таким огромным машинам еще не доверяют. И поэтому дальнбойщики выезжают на трассу самостоятельно и затем переключаются на автопилот и спокойно отдыхают от 200 километров. В скором времени такие автомобили и вовсе заменят дальнбойщиков. Исходя из этого, стоит подметить, что цена за грузоперевозки, действительно, будет ниже, чем сейчас.

Большое число детекторов наделяет беспилотные автомобили сверхчеловеческими способностями. Система, обеспечивающая беспилотное управление автомобиля, включает в себя набор сенсоров, которые обеспечивают зрением машину, видеокамеры, радары, бортовое вычислительное устройство, которое обрабатывает сигнал, получаемый с этих датчиков. На этом устройстве формируется дорожная сцена, то есть устанавливаются объекты, которые находятся вокруг автомобиля. Получается некоторая картинка, в центре которой находится автомобиль, вокруг него находятся разного рода объекты: дома, другие автомобили, дорожные знаки, пешеходы, разметка, то есть всё, что нужно знать для того, чтобы автомобиль мог в дальнейшем ориентироваться в пространстве: ехать прямо, перестроиться, притормозить, предпринять какие-либо действия, чтобы человека довести из точки А в точку Б, соблюдая все правила дорожного движения и, при этом, не попав в ДТП. Если один из детекторов обнаружил, что есть препятствия, дальше начинается оценка степени опасности этого препятствия, которое находится на траектории движения и оценивается время до столкновения. В полуавтоматическом режиме компьютер оповещает водителя, что впереди опасность и надо притормозить, если водитель не реагирует, то машина начинает тормозить самостоятельно.

Обычно устанавливаемые датчики:

- *LIDAR* – дальномер оптического распознавания
- Система стереозрения
- Система глобального позиционирования (*GPS*, Глонасс)
- Гиростабилизатор

Программное обеспечение беспилотного автомобиля может включать машинное зрение и нейросети.

Некоторые системы полагаются на инфраструктурные системы (например, встроенные в дорогу или около неё), но более продвинутые технологии позволяют имитировать присутствие человека на уровне принятия решений об изменении положения руля и скорости, благодаря набору камер, сенсоров, радаров и систем спутниковой навигации.

Сейчас нет полностью беспилотных автомобилей, которые готовы к промышленному производству и которые можно выпускать на дороги общего пользования. То есть все эти автомобили пока ещё являются прототипами, которые разрабатываются, на которых отрабатываются технологии. Полностью реально бесплатные автомобили появятся, например, в 2025 году, когда любой человек сядет в свой автомобиль, укажет маршрут и сможет поехать. Лет через 15-20 будет тяжело встретить машину, которая будет управляться людьми. И более того машины, которые будут управляться людьми будут признаваться опасными, потому что человек не самый лучший водитель, человек может уставать, человек может плохо себя чувствовать, быть в плохом настроении.

### Литература

1. Беспилотный автомобиль [Электронный ресурс]/ - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный\\_автомобиль](https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_автомобиль) - (Дата обращения: 14.04.2018)
2. Статья: Автопилот (беспилотный автомобиль) [Электронный ресурс]/ - Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/Статья: Автопилот\\_\(беспилотный\\_автомобиль\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Статья: Автопилот_(беспилотный_автомобиль)) - (Дата обращения: 14.04.2018)

УДК 681.5+004.8.

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ РОБОТОВ-ПЫЛЕСОСОВ

Дубик О.С., Свирид В.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Одна из основных ценностей любого человека – это время. Будничные ритмы пролетают мгновенно, а времени, как всегда, катастрофически не хватает, и потратить его хочется на важные дела, но никак не на уборку квартиры. Самым лучшим помощником в этой проблеме станет робот-пылесос, который способен сэкономить не только время, но и деньги.

Робот-пылесос – это пылесос с искусственным интеллектом, который предназначен для автоматической уборки. В настоящий момент выбрать хороший умный пылесос не так уж просто.

Первое на что нужно обратить внимание – это качество работы. В бюджетных вариантах есть такие пылесосы, которые сами не могут обойти даже самые маленькие препятствия, лежащие на полу без вмешательства пользователя. Второе – на уровень шума. Все такие пылесосы убирают комнату довольно долго, и время измеряется не в минутах, а в часах. Вряд ли кому-то понравится слушать гул от пылесоса часами. Третий критерий – стоимость. Это один из самых важных критериев. Дешёвые умные пылесосы зачастую получают не самые хорошие отзывы, а причина этого – слабое оснащение и комплектация. Пылесосы с большей стоимостью, могут не только отправлять уведомления о проделанной работе, но и информировать вас во время уборки. Бюджетные же варианты используют только инфракрасные датчики и стандартные функции. Эти устройства чаще всего представляют собой, так называемый, диск 28-35 см. Большой контактный сенсор может устанавливаться в передней части устройства. Он имеет инфракрасный датчик.

Пылесос может иметь две камеры. Первая камера сканирует потолок со скоростью 30 кадров в секунду. Пылесос сам, сопоставляя картинки, которые он получил с помощью камеры, определяет свое местонахождение в помещении. Вторая камера пылесоса, сканируя поверхность пола, определяет расстояние до препятствий. Сенсоры позволяют распознавать препятствия с помощью заложенных специальных алгоритмов. Робот движется на двух активных колесах, каждое из которых имеет свой двигатель, а всего их около четырех. Небольшие размеры таких роботов дают им возможность убраться даже в самых далеких местах. На дисплее можно выбрать одну из 3 программ уборки: обычную, быструю, и «местную» – убирает на площади до двух квадратных метров.

Легкое извлечение контейнера для пыли, автоматическая зарядка, автоматическая парковка, отсрочка уборки делает этот пылесос комфортным в эксплуатации. Время работы составляет 75 мин, а время зарядки 3 часа. После уборки он, чаще всего, автоматически становится на зарядку. Зарядившись, продолжает уборку с того места, на котором остановился. Пылесос может работать как по определенному графику, так и по команде пользователя. После уборки владелец должен освободить пылесборник робота-пылесоса. Но, если пылесборник ещё не полный, то этого можно избежать. Далее владелец должен очистить щётки от волос и шерсти, если это нужно. Такие пылесосы убирают около 95 процентов пыли. Притом, что человек всего лишь 60 процентов.

Так же к пылесосу могут прилагаться различные аксессуары: специальная щётка для сбора шерсти (особая щётка, которая повышает качество уборки шерсти домашних питомцев); пульт дистанционного управления (позволяет управлять пылесосом на расстоянии); виртуальная стена (отдельный датчик, который используется для определенного района уборки робота-пылесоса); модуль для зарядки с инфракрасным маяком (даёт возможность пылесосу самому подключиться к зарядному устройству); планировщик (даёт право на то, чтобы внести своё расписание уборки); маячок (применяется при разграничении областей уборки робота-пылесоса); увеличенный по ёмкости источник

питания (перезаряжаемые батареи для робота-пылесоса, которые дают возможность устройству работать более 3-х часов).

В таблице 1 приведены характеристики роботов-пылесосов разных производителей.

Таблица 1

Спецификации	I-Robot('11) Roomba 780	Samsung('11) SR 8895	LG('11) VR 5901LVM
Сканирование пространства	Случайное	Верхняя камера	Dual Eye
Уровень шума	72 Дб	60(63) Дб	60 Дб
Батарея	NI-MN	NI-MN	Li-PB
Пылесборник	сбоку	сбоку	сверху
Время уборки	25-30 мин	14 мин	14 мин
Покрытие площади уборки	83%/27%	85%/19%	93%/15%
Уборка в углах	53%	64%	84%
Допустимая высота ковра	2 см	1,5 см	1 см
Обнаружение препятствий	Столкновение + IR sensor	Столкновение + IR сенсор	Столкновение + Ультразвук + IR сенсор

#### Литература

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82-%D0%BF%D1%8B%D0%BB%D0%B5%D1%81%D0%BE%D1%81>
2. <https://icleborobot.by/blog.php>
3. <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=728337>

УДК 004.38

**ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ «УМНЫХ ОЧКОВ» – GOOGLE GLASS**

Николайкова А.Н., Ковалёва Д.О.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

В современном мире высоких технологий огромное количество сил направленно на разработку девайсов для упрощения жизни людей. Они помогают решать множество задач в повседневной жизни. Одним из таких девайсов являются очки *Google Glass*.

Главной целью создания такого устройства является изобретение личного помощника, который будет находиться с вами всегда. Это задача достигается с помощью встроенного мини-компьютера.

Основной частью *Google Glass* является титановая оправа со складными дужками. Оправа прочная, но принимает форму головы. Все железо находится в маленьком корпусе очков. Очки имеют двухъядерный процессор Кортекс-А9 с частотой 1,2 ГГц. Оперативная память – 1 Гб, но доступно только 680 Мб; *WiFi*, *Bluetooth*, *GPS*-приёмник, встроенная физическая память для хранения файлов – 16 Гб, из которых доступно 12 Гб, камера – 5 мегапикселей, при этом получается видеозапись высокого разрешения.

В качестве дисплея выступает призмный проектор с ЖК экраном с разрешением 640x360 точек. В них имеется аккумулятор, которого хватает на целый день при малом использовании. При непрерывной режиме «съёмка видео», аккумулятор в очках может сесть за 30 мин. В очках имеются встроенные сенсоры – акселерометр, вектор поворота, линейный ускоритель, датчик освещения, датчик гравитации, ориентация в пространстве, датчик приближения, магнетометр, гироскоп.

На рисунке 1 представлена схема устройства умных очков.

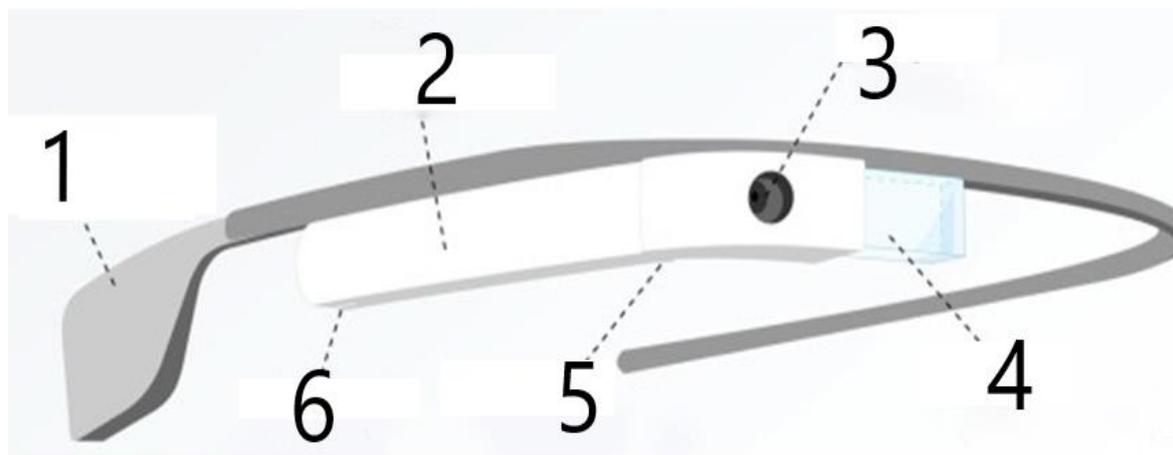


Рисунок 1. Внешний вид очков *Google Glass*: 1- аккумулятор; 2 - процессор; 3 - камера; 4 – призма; 5 – микрофон; 6 - динамики

Для запуска экрана *Google Glass*, нужно либо слегка стукнуть по сенсорной панели, либо кивнуть. Панель находится на дужке и распознает такие удары и кивки вправо, влево, вверх и вниз. Для пользователя окно *Glass* располагается сверху справа, что позволяет не отвлекаться от происходящего вокруг. Проектор подвижен и его можно подвинуть так, чтобы было удобно смотреть.

На внутренней части очков находится очень чувствительный микрофон, который будет прекрасно слышать ваши команды даже в шумном месте. Звук передаётся вибрациями, непосредственно через кости к владельцу.

Чтобы активировать приложения, нужно использовать приложение *GlassWare*. Приложения устанавливаются в облако и оттуда поступают карточки с уведомлениями на *GoogleGlass*. Когда приходят оповещения-очки издают звук, при этом экран не включается, что экономит батарею.

### Функции

Для того, чтобы использовать функции очков, существуют 7 голосовых команд. Все голосовые команды начинаются с фразы «*ok, glass*».

Преимуществом *Google Glass* является функция записи фото и видео. Если произнести команду «*ok, Glass, record a video*» и устройство автоматически начнет записывать видео. Так же можно фотографировать нажав на кнопку сверху. Фото можно отправлять любому из друзей. Особенностью очков является то, что вам не придётся тратить время, доставая камеру. Таким образом, вы никогда не упустите интересный момент.

Возможностью навигационных приложений является упрощение попадания из точки А в точку В, но *Google Glass* сможет ориентировать, показывая указатели движения перед собой. Гарнитура очков способна точно определить, в каком месте вы находитесь, а также активировать дополнительные указатели с помощью системы *Google Maps*. В некоторых штатах ввели законопроект, запрещающий вождение в очках *Google Glass*, но при передвижении пешком они не будут отвлекать, а наоборот, более точно укажут путь.

*Google Glass* сможет вам напомнить о будущих событиях, точно так же, как смартфон, но с визуальным аспектом. Посмотрев на объект и сказав команду «напомни мне об этом...», устройство автоматически соотнесёт фотографию с напоминанием. Очки *Google Glass* синхронизирует с личным календарем и покажет, когда у вас назначено свидание или встреча.

*Google Glass* позволяет общаться как голосовыми сообщениями, так и видео чатами. Таким образом, у вас есть возможность показать собеседнику всё, что происходит перед вами.

Задумка *Google Glass* должна реализовывать разом три основные функции: дополненную реальность, мобильную связь + интернет, видео-дневник. Первая версия очков полноценно реализует функцию видео дневник и частично дополненную реальность, и коммуникационную составляющую. В сегодняшний день идёт разработка более новых версий очков, которые будут больше раскрывать концепцию трёх целевых составляющих.

Сейчас в мире всего около 2000 *Google Glass* стоимость которых может быть 500-1500 долларов.

Очки находятся в процессе доработки. Надеемся, что новые версии будут выносливее, более функциональны и более доступны.

### Литература

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Google\\_Glass](https://ru.wikipedia.org/wiki/Google_Glass)
2. <https://hi-news.ru/technology/10-osnovnyx-funkcij-google-glass.html>
3. <http://future-glass.ru/stati/kak-rabotayut-google-glass-podrobnaya-sxema/>

УДК 621.3.031

## УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ

Сосновский П.В., Дмитров С.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Впервые о суперконденсаторах узнали ещё в 1962 году, когда американский химик Роберт Райтмаер подал заявку на получение патента, где подробно описывалось устройство, сохраняющее электрическую энергию с двойным электрическим слоем. В 1971 году лицензия была передана японской компании *NEC*, занимающейся к тому моменту всеми направлениями электронной коммуникации. Японцам удалось успешно продвинуть на рынок электроники эту технологию, которая в настоящее время, имеет несколько различных названий: суперконденсатор, ультраконденсатор, ионистор, который представлен на рисунке 1.



Рисунок 1. Блок суперконденсаторов

Известно, что обычные конденсаторы имеют многослойный или монолитный диэлектрик между двумя обкладками. Ионизатор же не имеет диэлектрического слоя, в нём применяется физический механизм образования двойного электрического слоя, который работает аналогично заряженному диэлектрику. Процесс зарядки/разрядки, представленный на рисунке 2, происходит в слое ионов, сформированном на поверхности положительного и отрицательного электродов.

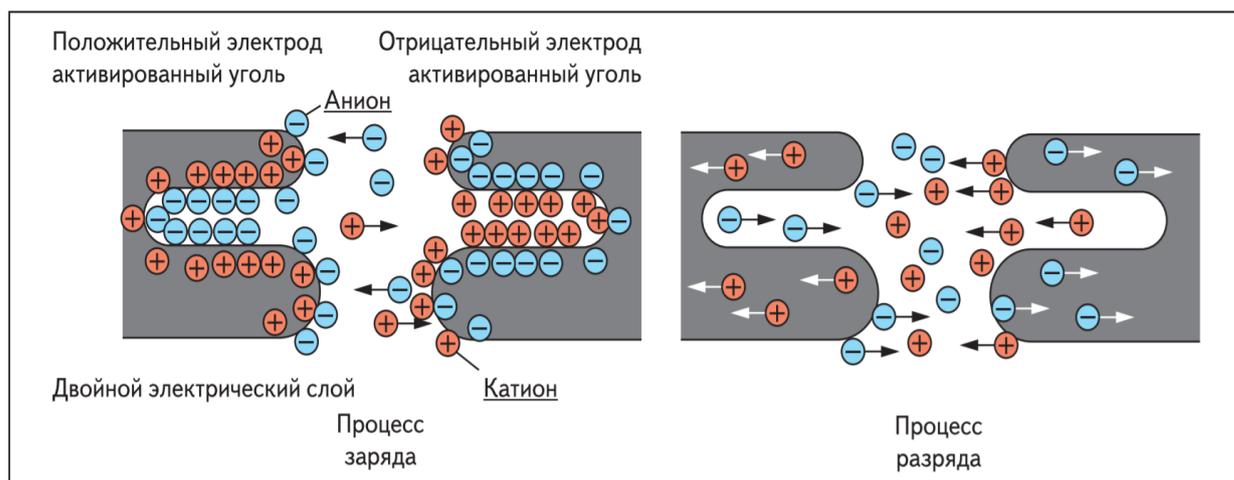


Рисунок 2. Процесс зарядки/разрядки ионистора

Под действием приложенного напряжения анионы и катионы движутся к соответствующему электроду и накапливаются на поверхности электрода, образуя, таким образом, с зарядом электрода двойной электрический слой, который и будет являться границей раздела. Эта область увеличивается при приложении более высокого напряжения, и накапливаемый заряд увеличивается. Этот процесс представлен на рисунке 3.

Толщина двойного электрического слоя очень мала и сопоставима с размером молекулы, то есть около 5-10 нм. В качестве электродов используются пористые материалы, например, активированный уголь в виде мелкодисперсной фракции, изготовленный по специальной порошковой технологии, и органический электролит. Между электродами для предотвращения проникновения ионов расположен «сепаратор» с хорошими изоляционными свойствами, что позволяет не допустить короткого замыкания между электродами. Электролит проникает между частицами активированного угля, и электрод, таким образом, «пропитан» электролитом. Таким образом, общую ёмкость такого ионистора можно представить, как большое количество маленьких конденсаторов, где каждая частица активированного угля – своеобразный электрод для маленького конденсатора с ёмкостью, обусловленной двойным электрическим слоем.

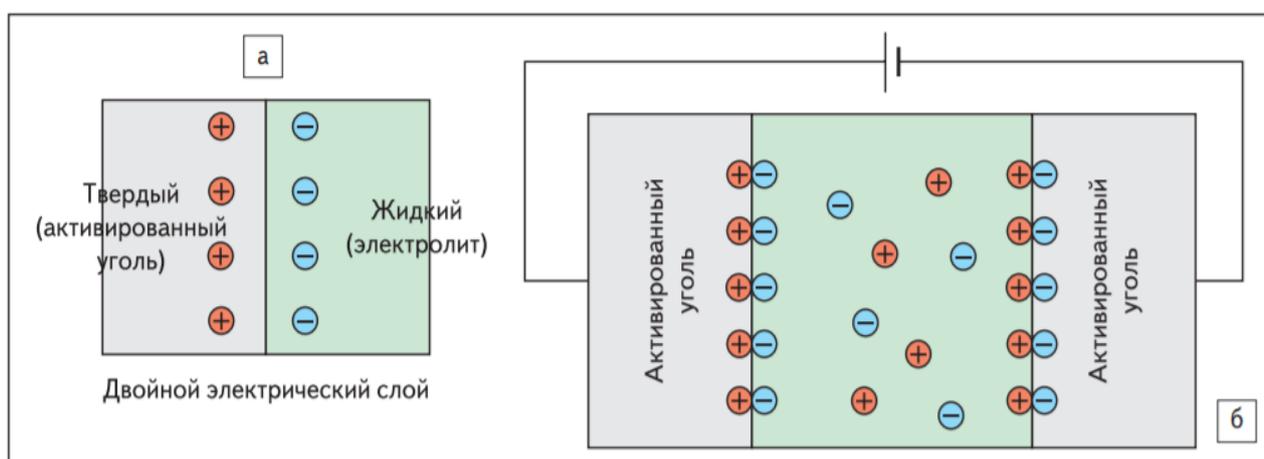


Рисунок 3. Образование двойного электрического слоя (а) и увеличение заряда при приложении напряжения (б)

Поскольку электрод ионистора представляет собой совокупность огромного количества частиц активированного угля, он имеет очень большую «развитую» площадь поверхности, приблизительно до  $2500-3000 \text{ см}^2/\text{г}$ , что позволяет получить ёмкость до нескольких десятков фарад.

К числу безусловных преимуществ этих устройств относятся следующие качества:

- Большие максимальные токи зарядки и разрядки, что позволяет их использовать в тех случаях, когда аккумуляторы установить не представляется возможным из-за долгой подзарядки;
- Малая деградация даже после сотен тысяч циклов заряда/разряда. Даже после 100 000 циклов не наблюдалось ухудшения характеристик.
- Высокое внутреннее сопротивление у большинства ионисторов, которое препятствует быстрому саморазряду, а также перегреву и разрушению.
- Более длительный срок эксплуатации (при номинальном напряжении 0,6 В около 40000 часов).
- Меньшие вес и габариты по сравнению с аккумуляторами и конденсаторами подобной ёмкости;
- Низкая токсичность материалов, кроме органических электролитов.
- Широкий диапазон рабочей температуры – от  $-40$  до  $70\text{C}^\circ$ .
- Большая механическая прочность: выносят многократные перегрузки.

Но как бы ни были хороши суперконденсаторы, у них есть и недостатки, которые несколько усложняют их эксплуатацию, а именно:

- Относительно высокая цена ионисторов приводит к тому, что использование их в технике ведёт к её удорожанию. Как утверждают специалисты, в ближайшем будущем эта проблема будет решена, благодаря развитию новых технологий;
- Напряжение напрямую зависит от степени заряженности.
- Низкие параметры номинального напряжения устройств, решением может служить последовательное соединение нескольких элементов (принцип такой же, как при подключении нескольких батареек).
- Значительно больший, по сравнению с аккумуляторами, саморазряд: порядка 1 мкА у ионистора 2 Ф × 2,5 В.

Сфера применения суперконденсаторов на единицы фарад довольно обширна, но наибольшее распространение они получили в качестве аварийного или резервного блока питания, внешний вид которого представлен на рисунке 4. Начиная с питания таймеров бытовой техники, и заканчивая сложными медицинскими приборами. В момент замены батареек или аккумуляторов прерывается питание или могут сбиться настройки, например, частоты в радиостанции. Но, благодаря встроенному ионистору, этого не происходит. И хотя его ёмкость намного меньше ёмкости аккумулятора, но его хватает на несколько суток, чтобы сохранить работу устройства и сохранения его настроек. Телефоны, электронные счётчики электроэнергии, охранные системы сигнализации, электронные измерительные приборы и приборы медицинского применения – везде нашли применение суперконденсаторы.



Рисунок 4 – Резервный блок питания на основе ионисторов

Предпринимались и довольно экзотические эксперименты по применению суперконденсаторов, в частности, на их основе пытались создать гаусс оружие (электромагнитную пушку).

При разработке ионисторов все более и более повышается их удельная ёмкость, и, по всей вероятности, рано или поздно это приведёт к полной замене аккумуляторов на суперконденсаторы во многих технических сферах.

Последние исследования группы учёных Калифорнийского университета в Риверсайде показали, что новый тип ионисторов на основе пористой структуры, где частицы оксида рутения нанесены на графен, превосходят лучшие аналоги почти в два раза.

Исследователи обнаружили, что поры «графеновой пены» обладают наноразмерами, подходящими для удержания частиц оксидов переходных металлов. Суперконденсаторы на основе оксида рутения теперь являются самым перспективным из вариантов. Безопасно работающие на водном электролите, они обеспечивают увеличение запасаемой энергии и повышают допустимую силу тока вдвое по сравнению с самыми лучшими из доступных на рынке ионисторов.

Они запасают больше энергии на каждый кубический сантиметр своего объёма, поэтому ими целесообразно будет заменить аккумуляторы. Прежде всего, речь идёт о носимой и имплантируемой электронике, но в перспективе новинка может обосноваться и на персональном электротранспорте, компоновочная схема которого представлена на рисунке 5.

На частицы никеля послойно осаживают графен, выступающий опорой для углеродных нанотрубок, которые вместе с графеном формируют пористую углеродную структуру. В полученные нанопоры последней из водного раствора проникают частицы оксида рутения диаметром менее 5 нм. Удельная ёмкость ионистора на основе полученной структуры составляет 503 фарад на грамм, что соответствует удельной мощности 128 кВт/кг.

Возможность масштабирования этой структуры уже положила начало и создала основу на пути создания идеального средства хранения энергии. Ионисторы на основе «графеновой пены» прошли успешно первые тесты, где показали способность к перезаряду более восьми тысяч раз без ухудшения характеристик.

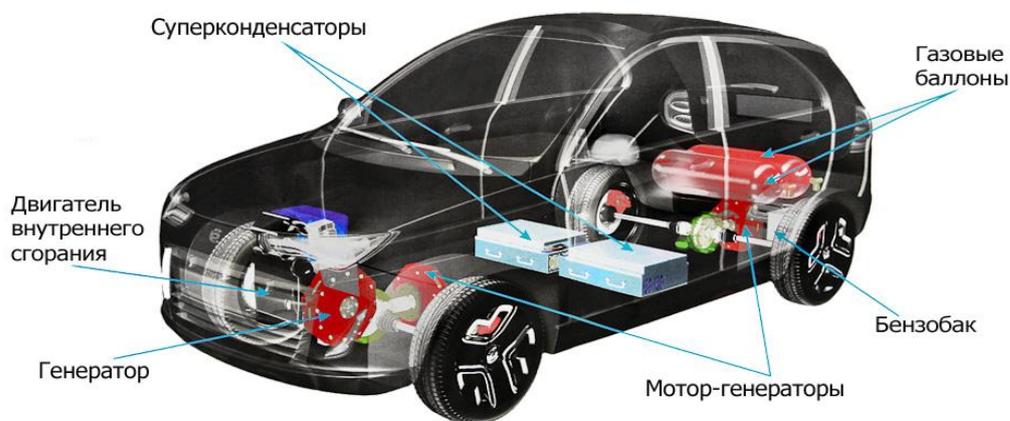


Рисунок 5. Устройство электромобиля на основе суперконденсаторов

### Литература

1. [http://linochek.ru/r\\_17752](http://linochek.ru/r_17752)

УДК 621.313.13

## БЕСКОЛЛЕКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Грищенко М.Ю., Демидович А.Ю.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Когда заходит речь о внедрении электродвигателя в механизм возникает вопрос: какой тип двигателя выбрать? В современном мире сложные механизмы зачастую стараются сконструировать как можно более компактно при минимальной массе. С небольшими мощностями с лёгкостью справляются коллекторные двигатели, они просты в использовании, в них легко регулируются выходные обороты вала. Но что же делать, если нужна большая мощность на выходном валу, и при этом часто нужно чтобы обороты вала были высокими?

С этими задачами может справиться бесколлекторный двигатель, пример внешнего вида, которого изображен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Бесколлекторный двигатель

Бесколлекторные двигатели постоянного тока называют в зарубежной литературе *BLDCM (BrushLes Direct Current Motor)*.

Данные двигатели уже продолжительное время применяются во многих сферах жизни общества, начиная от масштабных гоночных моделей автомобилей (которые могут развивать скорости свыше 200 км/ч) вплоть до реальных авто, разгоняющихся до 100 км/ч за 2 секунды (рисунок 2). Электродвигатель данного класса может развивать мощность на валу в 7 кВт, при этом имея небольшие размеры.



Рисунок 2 –Электромобиль Tesla Roadster 2020

Посмотрим, как устроен данный тип двигателей. Простейший электрический двигатель состоит из неподвижной части называемой статором и подвижной части – ротора. Чтобы началось вращение необходимо по очереди менять направление тока в обмотках

якоря, которое осуществляется с помощью коллектора и щеток. В бесколлекторном двигателе ток в нескольких обмотках статора переключает специальная электронная схема. Необходимо на каждую обмотку статора подать импульсы напряжения постоянного тока в определённой последовательности. Конструктивные отличия бесколлекторного двигателя и коллекторного двигателя изображены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Конструктивные отличия бесколлекторного двигателя и коллекторного двигателя

Конструктивно бесколлекторный двигатель состоит из ротора с постоянными магнитами и статора с обмотками [рис. 4].



Рисунок 4. Бесколлекторный двигатель в разрезе

Роль статора выполняет сердечник из тонких пластин электротехнической стали. В пазах размещаются несколько обмоток из медной проволоки, от их количества зависит число фаз, и корпус (Рисунок 5).

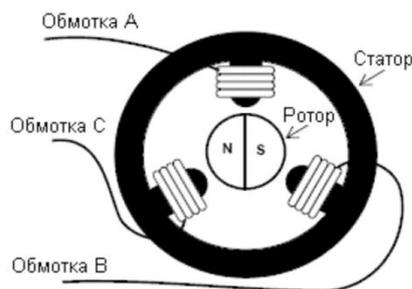


Рисунок 5 – Схема бесколлекторного электродвигателя

Электродвигатели по типу проходящего тока в обмотках статора делятся на два типа: синусоидальной формы; трапецидальной формы. В соответствующих видах двигателя электрический фазный ток меняется синусоидально или трапецидально.

Ротор представляет собой пару магнитов, жёстко связанных с выходным валом двигателя. Количество пар полюсов может варьироваться от 1 до 4. В качестве магнитов могут применяться как ферритовые, так и неодимовые магниты. Первые же являются более дешёвым вариантом для изготовления ротора.

Имея лишь только узлы, описанные выше уже можно изготовить добротный бесколлекторный двигатель, имеющий хорошие тягово-мощностные показатели. В таком случае обороты выходного вала могут составлять большие величины (100000 об/мин и более), однако зачастую в автомобилестроении очень важно запустить двигатель на малых оборотах. И в случае отсутствия датчика положения ротора — это сделать крайне проблематично. Чтобы решить данную проблему применяют следующие виды датчиков: индуктивный, фотоэлектрический, датчик Холла (например, SS41) (Рис. 6).

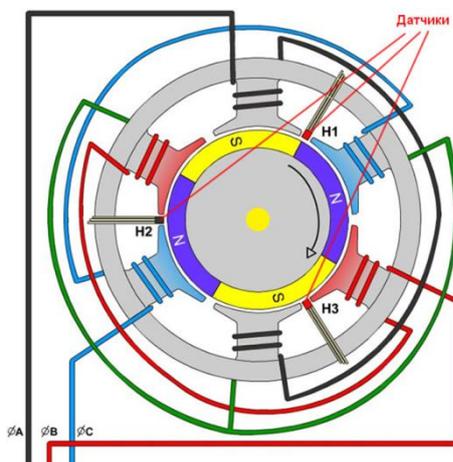


Рисунок 6. Расположение датчиков в бесколлекторном двигателе

Последний тип датчиков (датчик Холла) получил наибольшую популярность благодаря своим практически абсолютным безынерционным свойствам. В трехфазном бесколлекторном двигателе используется 3 датчика. Благодаря таким датчикам электронный блок управления всегда знает, в каком положении находится ротор и на какие обмотки подавать напряжение в каждый момент времени.

Принцип работы заключается в том, что контроллер с помощью драйверов коммутирует определенное количество обмоток статора таким образом, чтобы вектор магнитных полей статора и ротора были ортогональны.

Для управления двигателем применяется электронный регулятор (Рисунок 7). В зарубежной литературе *ESC (Electronic speed control)*. И к главному недостатку двигателей данного класса можно отнести именно сложность устройства электронного регулятора, особенно при наличии дополнительных датчиков. Также следует упомянуть о необходимости установки принудительного охлаждения на бесколлекторный двигатель, т.к. в процессе работы температура может повышаться до 60-95 градусов по Цельсию.



Рисунок 7. Регулятор как элемент управления бесколлекторным электродвигателем

Бесколлекторные двигатели широко используются в автомобилестроении, обеспечивая хорошие тягово-скоростные характеристики, как на старте, так и при движении автомобиля со значительной скоростью. На рисунке 8 изображено шасси электромобиля.



Рисунок 8 – Шасси электромобиля

Используются они в бытовой технике, а также в масштабных радиоуправляемых моделях (Рис. 9) и дронах (Рис. 10).



Рисунок 9. Шасси масштабной радиоуправляемой модели автомобиля с бесколлекторным двигателем



Рисунок 10 – Дрон DJI Inspire

УДК 621.313

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНИКА С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Козловская С.А., Щитникова Ю.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

На сегодняшний день холодильник стал неотъемлемой частью жизни любого человека. Вне зависимости от размера, функций, стоимости и других характеристик он обеспечивает сохранение наибольшей свежести продуктов и недавно приготовленных блюд. История современного холодильника началась задолго, ещё до создания человечеством электричества. Было обнаружено, что в холоде продукты сохранялись лучше. Чтобы принять настоящий внешний вид холодильник прошел ряд существенных изменений: отсутствие ненадёжных деталей, установка хорошего теплообмена, герметичность корпуса, автоматическое регулирование и многое другое.

В современном мире существуют 2-а варианта управления работой холодильника. Одним из вариантов является электромеханическим управлением. Он предполагает осуществлять отключение системы охлаждения при достижении заданной температуры с помощью механических вращающихся элементов. Второй более современный и сравнительно новый – электронный вид управления. Здесь для задания нужной температуры отключения используются кнопки; сенсорные и механические, которые значительно расширяют возможности установки различных температурных режимов. Датчики устанавливаются в самой камере. Это хорошо для наиболее чёткого контроля температурных режимов. В конструкции современных холодильников с электронным управлением (ЭУ) имеется электронный блок, который обеспечивает ряд полезных функций. Электронный блок может состоять из цифрового дисплея, различных индикаторов и кнопок. Такие холодильники намного увеличивают простоту работы с ним, а также, с точки зрения дизайнерского подхода, добавляют внешней солидности и привлекательности. Кроме этого, электронный блок осуществляет множество функций, например, включает и выключает отдельные камеры, включает светодиодное освещение при его открывании, обеспечивает режим быстрого замораживания, подает звуковой сигнал, при длительно открытой двери, а также появилась очень полезная функция как отключение от электронной сети, если напряжение выше требуемого. Именно поэтому холодильники с ЭУ не только выполняют основные функции, но и являются элементом дизайна.

Благодаря системе *Smart Air Flow*, потоки воздуха равномерно охлаждают продукты в камере, за счет чего устанавливается идеальный температурный режим, который продлевает срок хранения продуктов. Технология *Full No Frost* – вентилятор, который обеспечивает постоянную циркуляцию воздуха, существенно продлевает время появления льда на стенках холодильника, что позволяет гораздо реже его полностью размораживать. Кроме этого, в современных холодильниках есть немаловажная возможность для быстрого охлаждения напитков или большого количества свежих продуктов. Для этого температура в таких камерах понизится до своего минимального значения. При нажатии кнопки "отпуск" в камерах настраивается постоянная температура: в морозильной камере где-то 0°C, а в холодильной +15°C, также при таком режиме в закрытой камере не возникнет неприятный запах. Эта функция удобна при долгом отсутствии дома. В холодильниках с ЭУ часто имеются два компрессора, благодаря которым температуру в морозильной и холодильной камере можно менять независимо (они охлаждаются разными агрегатами).

Температурный режим в различных камерах регулируется с точностью до 0,1°C, который отображается на цифровом блоке управления. Если отдел свежих продуктов требует больше холодного воздуха, демфер раскрывается и вентилятор подает холодный воздух до тех пор, пока установленная температура не будет достигнута. Затем клапан снова закрывается. Вентилятор сокращает время остывания.

В холодильниках предусмотрен сигнал, сопровождающийся звуком, когда открыта дверца холодильника более одной минуты. В некоторых моделях холодильника этот сигнал можно регулировать с помощью блока ЭУ.

Для удобства работы управлением холодильника, на блоке имеются специальные индикаторы, которые показывают, какая функция включена или выключена. Часто можно с помощью такого блока контролировать срок хранения продуктов, влажность, различные режимы заморозки, извещать о сбоях работы системы, а самодиагностика позволяет своевременно ликвидировать неполадки.

Для удобного пользования вместе с индикационной панелью устанавливают пульт, на котором могут отражаться температуры всех камер, а для управления им на пульте находятся все необходимые для регулировки клавиши. Пульт – это отличное приспособление для управления электронным типом холодильника на расстоянии. При помощи кнопки «защита от детей» можно обезопасить холодильник от случайного выключения. Эта кнопка обычно находится на основной панели, а может и на самом корпусе холодильника. Такое расположение сберегает от случайного нажатия.

Выключить холодильник можно с помощью кнопки выключения, при этом, не выдергивая вилку из розетки.

Рассмотрев наиболее полезные функции холодильников с ЭУ можно прийти к выводу, что именно они в скором времени полностью заменят электромеханические холодильники. Востребованность холодильников с ЭУ объясняется массой преимуществ: экономией электроэнергии, компактной конструкцией и многим другими дополнениями, например, с помощью специального фильтра можно получить чистую воду. В них могут быть встроенные минибары, диктофоны, часы, телевизоры и даже мини-компьютеры.

И действительно, современные холодильники по своим возможностям догоняют компьютеры и другую технику, но их основная функция совершенствуется вместе с ними. Однако, как говорилось ранее, все эти детали зависят от модели холодильника.

#### Литература

1. [http://www.radioradar.net/repair\\_electronic\\_technics/repair\\_home\\_appliances/refrigerators\\_1g\\_gr\\_349\\_389sqf.html](http://www.radioradar.net/repair_electronic_technics/repair_home_appliances/refrigerators_1g_gr_349_389sqf.html)
2. [http://www.radioradar.net/repair\\_electronic\\_technics/repair\\_home\\_appliances/refrigerators\\_1g\\_gr\\_349\\_389sqf.html](http://www.radioradar.net/repair_electronic_technics/repair_home_appliances/refrigerators_1g_gr_349_389sqf.html)
3. <http://podberi-holodilnik.ru/article/articles/holodil-niki-s-jelektronnym-upravleniem/19.html>

УДК 621.3.06

## ВОЗМОЖНОСТИ МОБИЛЬНЫХ СИСТЕМ

Шевченко А.Д., Амелин Т.М.

Научный руководитель – Михальцевич Г.А.

Если задуматься, то любому из нас довольно трудно представить свою жизнь без смартфона, наушников или прочей мобильной электроники. Рынок уже разрывается от новых и современных гаджетов, где каждый продукт по-своему совершенен. Сейчас новая тенденция – все вокруг нас становится «умным»: «умный» смартфон, «умный» холодильник, серия сервисов «умный дом».

Ассортимент возможностей мобильных систем довольно широк.

Рассмотрим некоторые из них.

Смартфон имеет определенный перечень возможностей, который определяется двумя факторами: аппаратным (само железо, процессоры, чипы) и программным (программное обеспечение (ПО)).

Для того, чтобы привлечь внимание покупателя, его нужно удивить. А чтобы удивить, нужно придумывать всё более новые и заурядные продаваемые технологии. Именно поэтому в последние пару лет начали выпускать флагманы с улучшенными аппаратными возможностями: отпечаток пальцев и двойная камера. Остановимся на первом.

Отпечаток пальцев – это та технология, которую весь мир принял дружелюбно. Парная работа «железа» и ПО надежно защищает информацию на вашем смартфоне, не давая никому, кроме вас, воспользоваться ей. Конечно, везде есть свои нюансы, но все же это работает, и этим мы пользуемся последние несколько лет.

Идентификация по отпечатку пальца – один из самых надежных способов для подтверждения личности человека. По точности такой метод уступает лишь сканированию радужки глаза, анализу ДНК или сканированию 3D формы лица. Последнее, кстати, уже внедрено в новые девайсы компании *Apple – iPhone X* и в простонародье его называют *Face ID*. У любого сканера отпечатков пальцев есть две функции: отсканировать изображение отпечатка и проверить его узор на схожесть папиллярных узоров пальца с другими узорами в базе смартфона. И благодаря грамотно настроенному программному обеспечению и более совершенным датчикам, весь этот процесс занимает доли секунды и доведен практически до совершенства.

На данный момент существует много разновидностей сканеров: оптические сканеры (самый старый вид сканеров); ёмкостные сканеры (наиболее распространенные); Ультразвуковые сканеры (новейший вид этого датчика). Обычно они встраиваются в кнопку питания или кнопку «домой», хотя относительно недавно такие датчики начали встраивать в сам дисплей и работают они довольно шустро.

Благодаря грамотному ПО, этот датчик используют для идентификации владельца не только при входе в рабочую среду смартфона, но и для совершения платежей. Хотя и инженеры *Google* смогли удивить. Они смогли «подружить» эти датчики с жестами, принеся новый функционал в операционную систему.

Услышав бы лет 10 назад об этой технологии и внедрении ее в мобильные устройства, люди бы сочли это за шутку. Но сейчас сканер настолько популярен, что найти неоснащенный этой технологией современный смартфон довольно тяжело. А так как эта взаимодополняющая работа аппаратной части смартфона и ПО, она не обходится без сложных алгоритмов. Возможно, что в будущем на замену ему придет искусственный интеллект (ИИ). Кстати, это одна из относительно громких, но еще слабо развитых технологий, которая внедряется и в мобильные системы. Вокруг него много шума, много споров и противоречий, однако это будущее, от которого никуда не деться.

Благодаря машинному обучению, голосовые ассистенты в ваших смартфонах все больше и больше приближаются к логике обычного человека. Чего стоит голосовой ассистент от Яндекс «Алиса». Да, он еще не идеален, но ИИ обучается с каждой секундой и

возможности ИИ значительно упрощает нашу, как пользователям, жизнь. Он может заказать тебе билет в кино, подсказать, как проехать до ближайшего кафе, посоветовать взять на завтра зонтик или рассказать необходимую научную информацию по запросу. С помощью некоторых служб, например, как *GPS*, ИИ поможет найти дорогу в заданное место, когда ты едешь домой и может напомнить купить продуктов. А если у тебя дома «умный» холодильник – он подскажет сколько, как долго и каких именно продуктов хранится в нем.

Автоматическое запирание входной двери, выключение/включение света, кондиционера, телевизора, музыки, все это уже сегодня может работать без вашего вмешательства, и все это благодаря множеству датчиков и ПО, управляемого через смартфон или другую мобильную электронику.

Машинное обучение внедряют либо в операционную систему, либо в сам процессор. Его применение только в мобильных системах настолько обширно, что это уже как стандарт. Он везде: в мобильном переводчике, в приложении камера, в недрах самой операционной системы, чтобы экономить заряд аккумулятора и «глушить» ненужные процессы, когда они не используются. Смартфон сделает это все сам, без вашего вмешательства.

Так же ИИ хорошо показал себя при совместной работе с камерой мобильного устройства. Например, эффект размытого фона уже реализовано на камере *Google Pixel*. Причем многие из вас, немного покопавшись в интернете смогут заставить камеру вашего смартфона работать так же, как камера *Google*, пусть даже производитель вашего смартфона не предусмотрел такую возможность и пусть он будет в 3 раза дешевле *Google Pixel*. Довольно трудно сказать, какие еще функции принесет нам эта технология, но однозначно - это тренд ближайших лет, и он будет развиваться, с каждым днем, удивляя нас, обычных пользователей, и вызывая кучу споров среди критиков и инженеров.

Это наше будущее и настоящее, которое все время совершенствуется.

УДК 621.453.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДУЛЕЙ ПЕЛЬТЬЕ В АВТОМОБИЛЯХ

Верас А.К., Галузин И.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Из теории по устройству и работе поршневых двигателей внутреннего сгорания известно, что только около 20% энергии, вырабатываемой двигателем, переходит в полезную работу [1]. Тепловые и механические потери обуславливают такое её низкое значение. Механические потери можно снизить за счет уменьшения сил трения, а вопрос с тепловыми потерями остается открытым.

Изучив множество способов рекуперации тепла в полезную энергию можно прийти к выводу, что наиболее рациональным для использования тепловой энергии являются модули Пельтье.

Элементы Пельтье нашли применение в устройстве, состоящем из большого числа полупроводников *p*- и *n*-типов. Их отличие от устройства диодов и транзисторов заключается в том, что переходные области находятся на границе полупроводника с металлом. В модуле Пельтье множественное число элементов находится между керамическими пластинами, что увеличивает мощность устройства.

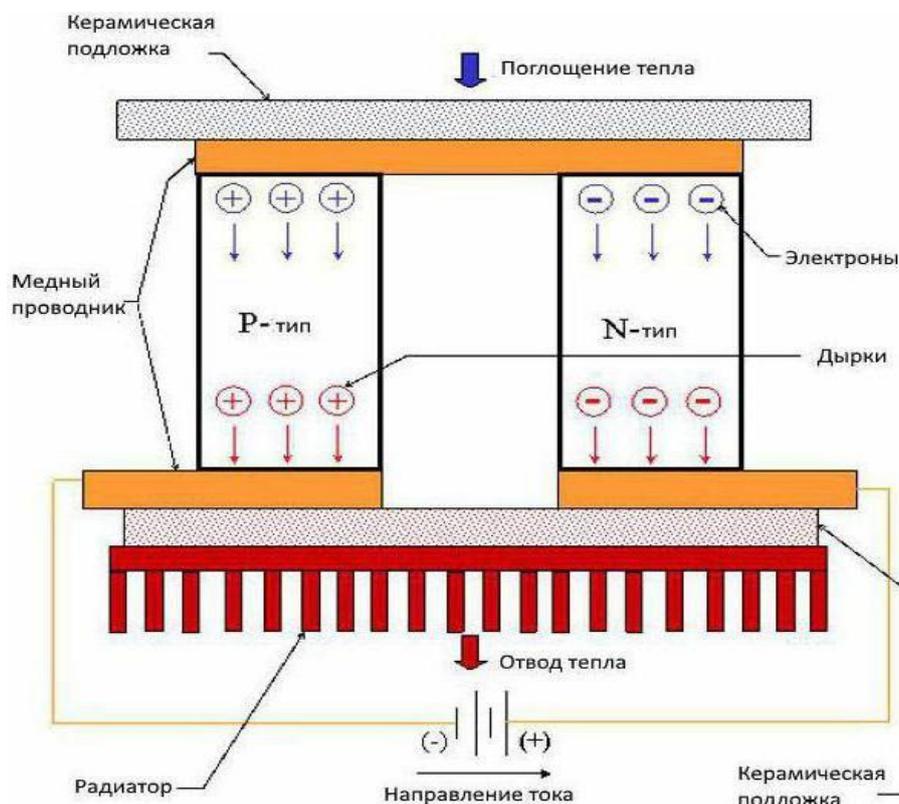


Рисунок 1. – Устройство модуля Пельтье

Каждый элемент содержит 4 перехода на контакте полупроводник-металл. При замкнутой электрической цепи, электроны перемещаются от минуса батареи питания к плюсу, проходя через все переходы. В первом переходе термоэлектрического модуля (ТЭМ) между медной шиной и *p*-полупроводником поток зарядов попадает в область с меньшей энергией, что вызывает выделение тепла на *p*-полупроводнике. На втором контакте в полупроводнике энергия поглощается, поскольку электроны «высасываются» электрическим полем, которое совпадает с их направлением движения. Там происходит процесс охлаждения. Так как энергия *n*-полупроводника имеет большее значение, чем металл, то на третьем контакте поглощается энергия электронов. На четвертом переходе электроны

тормозятся электрическим полем, что вызывает выделение тепловой энергии. Таким образом, на одной стороне элемента выделяется тепловая энергия, а на другой – поглощается. Разница температур при использовании одного элемента практически незаметна, но при использовании модуля Пельтье, со значительным числом элементов расположенных между керамических пластин, создает весомый температурный перепад.

Модуль может применяться как генератор электроэнергии, при поддержании разницы температур пластин. Для этого каждый последующий термоэлектрический элемент Пельтье с помощью медных перемычек последовательно подключается к соседнему элементу, а их токи – суммируются.

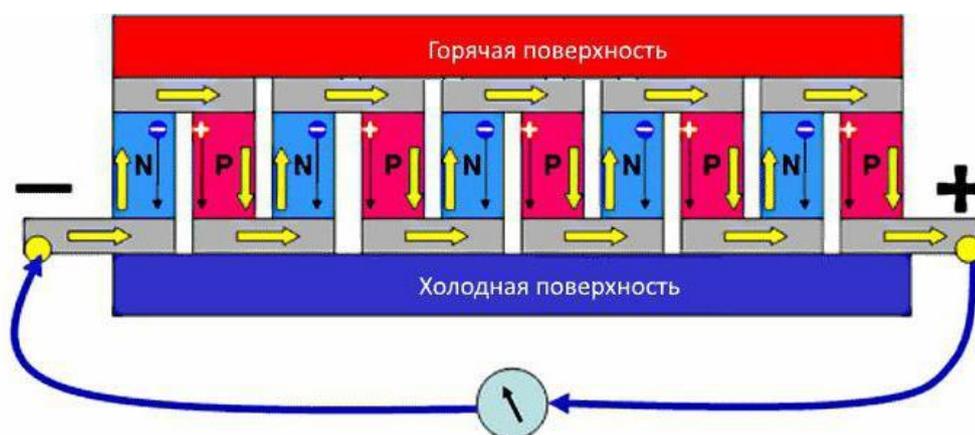


Рисунок 2. – Схема работы модуля Пельтье

Теперь возникает вопрос, как установить модули в авто. Компания *BMW* применяла такую концепцию на коллекторах выхлопной системы. Но при данном расположении есть два недостатка: 1-й – модуль применяется только как генератор; 2-й – сложно добиться большой разности температур и, следовательно, меньше получаемая сила тока.

Наше предложение заключается в том, что необходимо установить модули Пельтье на передней панели радиатора. При этом можно получить значительную разницу температур, так как горячая сторона, вмонтированная в радиатор, будет иметь температуру около  $90^{\circ}\text{C}$ , а вторая сторона за счет охлаждения потоками воздуха при движении будет иметь температуру приблизительно равную атмосферной. Это позволит теоретически установить модули Пельтье номиналом 100 Вт. С учётом потерь один модуль будет выдавать около 40 Вт энергии. Размер модуля  $40 \times 40$  мм, а размер радиатора, к примеру, ВАЗ 2108 ( $530 \times 377$  мм). Следовательно, с учётом пропускных отверстий для вентиляции мы можем установить 10 модулей и получить мощность 0,4 кВт.

Так же такой модуль можно использовать как рефрижератор для предотвращения повышения температуры двигателя выше рабочей. При высоких нагрузках на двигатель, в сложных эксплуатационных условиях или несовершенстве системы охлаждения можно подать напряжение на модуль Пельтье, что приведет к понижению температуры одной из сторон модуля, а вследствие и поверхности на которой она расположена.

### Литература

1. Вырубов Д.Н. и др. Двигатели внутреннего сгорания: теория поршневых и комбинированных двигателей. М.: Машиностроение, 1983.

УДК 004.89:728.37

## УМНЫЙ ДОМ

Алимова Д.А., Лопатко А.М.

Руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Раньше управление домом при помощи кнопок на пульте мы видели только в фильмах, но сейчас, благодаря новым технологиям, а конкретно, системе «Умный дом», управлять бытовыми приборами, даже, не прикасаясь к ним уже не является фантастикой.

Умный дом – это система, которая включает в себя управление бытовыми приборами в доме при помощи искусственного интеллекта. Например, можно раздвинуть шторы без шума или выключить свет в комнате, при этом находясь в другой комнате, не вставая с дивана. Встроенный в систему климат-контроль регулирует температуру во всех комнатах. А с помощью мультимедиа можно слушать музыку не только в одной комнате, но и по всему дому. А благодаря видеонаблюдению вы можете следить за всеми комнатами в доме.

Также система «Умный дом» позволяет нам экономить на своих ресурсах, например, воду или электроэнергию при помощи электронных журналов, которые находятся на компьютере. Мы можем отслеживать свои растраты. Если кто-нибудь забыл выключить свет в ванной комнате, то система наблюдения по датчикам движения выключает его сама. Многие задумываются, стоит ли покупать данную систему для экономии, ведь изначально для того, чтобы установить систему в дом необходимо потратить не малую сумму, однако счета после покупки умного дома становятся гораздо меньше.

Такая система работает благодаря мощному компьютеру, он объединяет все элементы дома и контролирует их при помощи специальных датчиков. Сюда может входить: отопление, вентиляция, охрана, освещение, видеонаблюдение, мультимедиа и другие устройства.

Существует разные виды «Умного дома», но в основном выделяют два. Первый вид «Умного дома» с централизованным управлением. В таком виде управление элементами дома происходит при помощи одного компьютера. Второй – это вид с распределяющими элементами и уже в таком виде управление каждым элементом происходит отдельно.

Как у системы с централизованным управлением, так и с распределяющими элементами, есть свои недостатки и преимущества. Огромным плюсом в системе с распределяющими элементами является, то, что, если в системе сломается какая-то ее часть, это не повлияет на другие компоненты системы, а вот в случае с централизованным управлением сломается уже вся система. Если же рассматривать преимущества первого вида, то и тут есть свои плюсы. Так как все элементы связаны между собой, они контролируют друг друга, например, при помощи датчиков движения система может отключать какие-либо приборы в доме, если в доме никого нет, достаточно долгое время, и компьютер отключит свет, телевизор и т.д.

Большим минусом является ее цена, далеко не все смогут позволить себе в дом данную систему. Кроме цены самой системы существует сложность ее установки, за которую необходимо платить дополнительно.

При покупке вы можете сами выбирать компоненты вашей системы или приобрести уже готовый набор из предложенного варианта. Со временем система «Умный дом» становится все бюджетнее, и возможно в дальнейшем будущем, уже мы не сможем представить свою жизнь без нее.

Помимо управления бытовыми приборами, система «Умный дом» позволяет избежать утечки газа и воды, она реагирует на датчики и перекрывает краны. А также реагирует на незаконное проникновение в дом.

Такая система помогает нам экономить время, а также не переживать по поводу не выключенного утюга, незакрытых ворот. Благодаря такой системе вы сможете из любой точки планеты управлять своим домом.

В таблице 1 показаны примерные цены на систему «Умный дом» и ее отдельные компоненты.

Таблица 1. Цена умного дома за 1 м<sup>2</sup>

	БЮДЖЕТ	ОПТИМА	ДЕ ЛЮКС
Проектирование	От 440 руб/м <sup>2</sup>	От 520 руб/м <sup>2</sup>	От 630 руб/м <sup>2</sup>
Оборудование	От 3900 руб/м <sup>2</sup>	От 6200 руб/м <sup>2</sup>	От 9500 руб/м <sup>2</sup>
Шефмонтаж	От 395 руб/м <sup>2</sup>	От 495 руб/м <sup>2</sup>	От 690 руб/м <sup>2</sup>
Пуско-наладка	От 835 руб/м <sup>2</sup>	От 1250 руб/м <sup>2</sup>	От 1450 руб/м <sup>2</sup>
Итого	От 5570 руб/м <sup>2</sup>	От 8465 руб/м <sup>2</sup>	От 12270 руб/м <sup>2</sup>

#### Литература

1. Умный дом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dom-electro.ru/%D1%87%D1%82%D0%BE-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B5-%D1%83%D0%BC%D0%BD%D1%8B%D0%B9-%D0%B4%D0%BE%D0%BC/>
2. Умный дом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://casual-home.ru/sistema-umnyj-dom-plyusy-i-minusy/>
3. Умный дом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://smarton.com.ua/smart\\_home/chto\\_poleznogo\\_v\\_umnom\\_dome/](http://smarton.com.ua/smart_home/chto_poleznogo_v_umnom_dome/)

УДК 621.113+621.43.055

## УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Микирей А.С., Рогинский М.О.

Научный руководитель - старший преподаватель Михальцевич Г.А.

В результате работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) из него выводятся ненужные выхлопные газы. Они в себе содержат около 30% энергии. Для рекуперации этой энергии можем применить турбогенератор. Это дополнительное и новое решение при улучшении систем турбонаддува. Энергия на вращение турбинного колеса поступает из цилиндра на такте выпуска. Специальное устройство, называемое регенератором, преобразует кинетическую энергию этих газов в электрическую энергию. Эта энергия может накапливаться в «накопителе», либо использоваться сразу.

При работе электрического транспорта используется система *KERS*, которая позволяет при торможении тяговой электрической машины (ТЭМ) транспортного средства, ранее работавшего в двигательном режиме, переключается в режим генератора. При этом ТЭМ отдает электрическую энергию в сеть для дальнейшего использования. Впервые эта система стала применяться в автоспорте и на железнодорожном транспорте.

Почти все ведущие компании одновременно ищут способы реализации энергии отработавших газов на основе турбоэлектрогенератора и ведут параллельные работы по созданию турбоэлектрокомпрессора. Цель этого устройства – помочь за счет электропривода быстрее раскрутить вал турбокомпрессора при разгоне автомобиля. Эти два устройства могут быть как отдельными системами, так и быть совмещены в одном устройстве. Турбоэлектрокомпрессор состоит из корпуса, турбинного колеса и насосного колес, которые закрепляются на общем валу электрической машины, в результате она может работать как в двигательном режиме, так и в генераторном.

Устройство состоит из корпуса, насосного и турбинного колеса, закрепленных на общем валу и электрической машины, которая может работать в двух направлениях (двигательном или генераторном режиме).

В настоящее время имеются в открытом доступе разработки *John Deere*.

Порядок работы заключается в следующем: турбинное колесо, которое приводится во вращение выхлопными газами, вращает вал турбокомпрессора и соответственно рабочее колесо, которое обеспечивает забор охлажденного наддувочного воздуха для подачи в цилиндры двигателя. Далее поток выхлопных газов через соединительную магистраль поступает на турбоэлектрогенератор и приводя его лопасти во вращение.

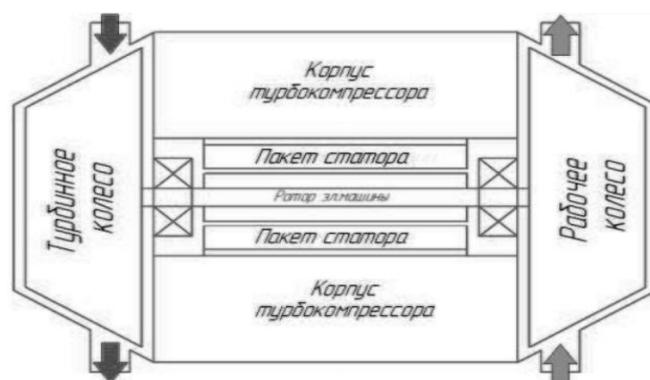


Рисунок 1. Схема турбо электро-компрессора

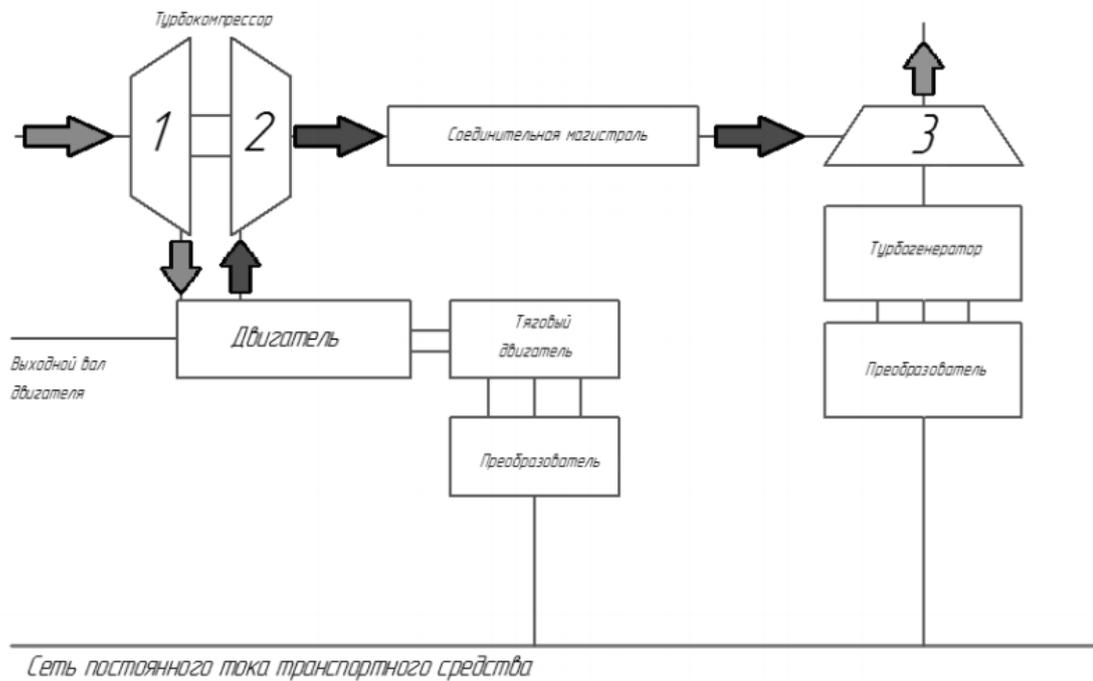


Рисунок 2. Схема турбоэлектрогенератора компании John Deere

Как заявляет компания John Deere, эта система имеет ряд преимуществ, таких как:

- Система будет работать и в циклах с высокой нагрузкой;
- увеличение эффективности использования топлива на 10%;
- увеличение на 20% энергоснабжения транспортного средства;
- понижение температуры выхлопных газов;
- высокий потенциал масштабного коммерческого использования

#### Литература

1. <http://poleznayamodel.ru/model/9/96182.html>
2. <http://www.findpatent.ru/patent/107/1074414.html>
3. <http://mash-xxl.info/info/610237/>
4. <https://cyberleninka.ru/article/v/alternativnyy-istochnik-elektricheskoy-energii-na-avtomobile> использование – энергии - отработавших-газов

УДК 629.7

## АВТОЖИР – НОВЫЙ СПОСОБ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Баранова Е.И., Ступина Е.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г. А.

Жизнь — это скорость, движение, темп. Чтобы многое успеть, узнать и ощутить, наша цивилизация придумала все возможные оригинальные, неожиданные, обычные и самые необычные способы передвижения. Речь пойдёт об автожире.

Автожир (в переводе с греческого «авто» означает сам, а «жирос» – круг) – это форма самолета со свободно вращающимися горизонтальными лопастями и пропеллером. По сути это такой симбиоз между самолетами и вертолетами.

Внешне он напоминает детский самолетик, но это серьезное транспортное средство и принцип его работы отличается от самолётов. В мире довольно много автожиров, в том числе и самодельных.

Существует несколько синонимов термина «автожир»: гироплан (это понятие официально использует Федеральное управление гражданской авиации), гирокоптер (данный термин введён компанией *Bensen Aircraft Corporation*, созданной в Северной Каролине в 1952 году для производства различных вертолетов и автожиров собственного дизайна Игоря Бенсена).

### История

Автожиры придумал изобретатель из Испании Хуан де ла Сьерва в 1919 году. 9 января 1923 года автожир его производства С-4 совершил свой первый полёт.

Концепция автожиров начала активно развиваться в 30-е годы. Однако, как только изобрели и начали массово производить вертолёт, интерес к автожирам резко сократился. Из-за этого разработки новых моделей были приостановлены. Следующий этап интереса к автожирам приходится на конец 50-х – начало 60-х годов. В США в это время Игорь Бенсен начал инициативно производить гирокоптеры собственной конструкции. Это были лёгкие элементарные автожиры, рассчитанные на одного человека. Их можно было купить как комплекты и собрать самостоятельно. Автожиры Бенсена были демократичны по цене и широкодоступны для всех желающих. На рубеже 60-х годов в таких странах как США и Канада были спроектированы и удостоены сертификатов 3 модели гиропланов с прыжковым взлётом, 2 из которых выпускали серийно. Стоит отметить, что некоторые из этих аппаратов летают до сих пор.

### Свойства

У гироплана есть два винта также, как и у вертолёт, но при этом основным является не верхний, а небольшой винт сзади. Двигатель бензиновый, находится внутри, он собственно и раскручивает лопасти, заставляя тем самым аппарат двигаться вперёд. Вертикально взлететь гироплан не может, ему нужно от 10 до 50 метров для разгона, но любой поверхности: земли травы или асфальта. Верхний же, опорный, винт раскручивается только перед взлетом. Его раскручивает специальный небольшой двигатель. Дальше он принимает такой угол по отношению к направлению движения гироплана, что набегающие потоки воздуха раскручивают лопасти без всякого двигателя. Собственно, правильно рассчитанный угол и аэродинамические свойства лопастей не позволяют гироплану упасть. Этот принцип делает гироплан достаточно безопасным. Если вдруг в воздухе откажет двигатель или кончится топливо, автожир не уйдет в пике или в штопор, как вертолёт. Потеряв скорость он просто начнет плавно снижаться, применяя эффект авторотации, опираясь на верхний винт, который продолжит крутиться. А пока он крутится, у пилота есть возможность посадить аппарат.

Авторотация происходит за счёт набегающего потока. Посадка при отключенном двигателе осуществляется очень комфортно и без проблем.

Также эти аппараты обладают способностью висеть на одном месте при сильном встречном ветре (до 20 м/с).

Ещё одним достоинством данного аппарата можно считать широкий обзор. К тому же, в нём трясет значительно меньше, чем в вертолёте, что делает гиропланы очень удобными для аэрофотосъёмки, видеосъёмки и просто наблюдения.

Автожир может летать очень низко и очень медленно. Ему не нужна посадочная полоса. Это также важно для безопасности полёта, особенно если нужно сесть в поле или на дороге, в любом неподготовленном или незнакомом месте, автожир садится без проблем и осуществляет это очень безопасно.

Автожир развивает скорость до 200 км/ч – это максимум. В таком режиме двигатель, работающий на обычном 95 бензине, потребляет примерно 15-18 литров на 100 км.

Если сравнивать с легким самолетом, то расход топлива у автожира больше (происходит из-за большого сопротивления несущего винта), но техническая себестоимость лётного часа автожира в несколько раз меньше, чем у вертолётa, из-за отсутствия сложной трансмиссии. К тому же стоимость эксплуатации автожира в разы меньше, чем вертолётa, топливо дешевле, конструкция легче и обслуживается проще - примерно, как автомобиль: один раз за 100 летных часов плановый ТО и можно снова лететь.

Существуют гибридные модели, позволяющие передвигаться как по воздуху, так и по асфальтированным дорогам. К таким транспортным средствам относится жиродрайв. Это по сути летающий автомобиль. Он построен по схеме автожира, но имеет большое преимущество перед ним – это способность приехать к месту взлета своим ходом. Чтобы управлять жиродрайвом, необходимо иметь и водительские права, и летную лицензию. Но, так как аппарат относится к автожирам, ее можно получить уже после 30-40 часов обучения.

Жиродрайв появился на улицах Праги, где ему законодательно разрешено движение по дорогам наравне с другими автомобилями, в марте 2017 года. Во время полёта он может развивать скорость до 180 км/ч, а при движении по дорогам общего пользования развивает скорость до 40 км/ч, используя только электродвигатель, при полёте работает на бензине.

Почему же автожир — это техника будущего? Причин много, но главное, это безопасность и лёгкость в использовании. Любой человек в течение 15 часов может овладеть управлением этого аппарата. Его можно хранить в собственном гараже, буквально на тележке привезти на летное поле или на дорогу, а жиродрайвы и вовсе могут ездить как автомобили, и летать, как безопасные вертолеты.

#### Литература

1. Братухин, И.П. Автожиры. Теория и расчёт. – Госмашметиздат, 1934. — 110 с.
2. Жабров, А.А. Автожир и вертолёт. – 2-е изд. – ЦС ОСОАВИАХИМа СССР, 1939.

УДК 621.382 (075.8)

## УСТРОЙСТВО ПРОЕЦИРУЕМОЙ КЛАВИАТУРЫ

Беляшова П.Н., Мысикова Д.Д.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Вместе со стремительным развитием компьютерных технологий, появлением смартфонов, способных без проблем справляться с задачами, свойственным привычным стационарным компьютерам, перед пользователями возник вопрос, заключающийся в выборе средства ввода информации. Использование стандартной виртуальной клавиатуры далеко не всегда бывает удобным и порой причиняет неудобства. Именно по причине поиска чего-то нового и более удобного на свет появилась проекционная лазерная клавиатура.

Проекционная клавиатура – аналог известной всем компьютерной клавиатуры, представляющий собой ее оптическую проекцию на какую-либо поверхность. Устройство способно отслеживать движения пальцев и переводить их в нажатие клавиш.

Давайте разберемся, как же работает лазерная клавиатура. Существует два принципа работы этого устройства.

В первом случае используются лазер и датчик движения. Лазер (или проектор), как правило, красного цвета, воспроизводит изображение клавиатуры на поверхность, а датчик движения фиксирует расположение пальцев пользователя. После этого полученные данные обрабатываются устройством и поступают в наши компьютеры в виде сигналов нажатия клавиш.

Некоторые же устройства оснащены двумя светодиодами: один из них видимый – лазер, второй, представляет из себя, инфракрасный луч, который проецируется поверх изображения клавиатуры. При касании пальцем определенной точки на клавиатуре происходит прерывание инфракрасного луча и тот попадает обратно в проектор. Тот в свою очередь фиксируется встроенной в устройство камерой, и вычисляются координаты нажатой клавиши. Сигнал поступает в компьютер.

Передача сигнала может быть проводной и беспроводной. Это очень удобно при использовании лазерной клавиатуры для смартфонов.

С выходом на рынок устройство получило как кучу положительных отзывов, так и негативные комментарии. Безусловным плюсом таких клавиатур являются в первую очередь их компактность и мобильность. Такие устройства отлично подойдут для дальней дороги, ведь весят они всего около 300 грамм, а по габаритам схожи с размерами зажигалки. Также такая клавиатура имеет необычный дизайн и интересное устройство. Кроме того, достаточно просто в использовании, совместимо практически с любыми операционными системами, в большинстве своем имеет возможность настройки изображения под вкус пользователя (цвет, звуковые сигналы, степень мигания).

Минусы такой клавиатуры очевидны. При ярком освещении изображение будет слабо видно. При продолжительной работе глаза начинают быстро уставать. Механизм считывания прикосновений несовершенен и возникают ошибки при печати, да и печать на плоской поверхности, в сравнении с обычной компьютерной клавиатурой, непривычна и неудобна. Еще один значимый фактор – цена такого устройства.

Также, несмотря на относительную простоту устройства, время его автономной работы относительно невелико. Безусловно, оно зависит от яркости проецируемого изображения и интенсивности набора, но в среднем находится в пределах 90–120 минут, что, в сравнении с мобильными устройствами и ноутбуками, крайне мало.

Подведя итоги, можно сделать вывод, что сама идея *VKB* интересна и многообещающа, однако само устройство нуждается в значительных доработках. Несомненно, при знакомстве с данным изобретением, хочется лично прикоснуться к столь необычному на сегодняшний день открытию, однако постоянное использование виртуальной клавиатуры в повседневной жизни на данной стадии ее развития будет крайне неудобно и затруднительно.

**Литература**

1. [https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0](https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0)
2. <http://iglous.ru/plyusy-i-minusy-lazernoj-klaviatury-dlya-stola/>
3. <https://3dnews.ru/626012>
4. <https://www.reviews.ru/article.html?id=1792>
5. <http://hpc.ru/lib/arts/2165/printable.shtml>

УДК 621.37

## ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Дричиц Т.Ф.

Научный руководитель – старший преподаватель Германович Е.И.

Мобильные телефоны ворвались в нашу жизнь стремительно, и их распространение и развитие происходило буквально на глазах у ныне живущего поколения людей. Еще в начале 90-х мобильных, кажется, не было вообще, к концу 90-х они стали непременной принадлежностью людей, которым некуда девать деньги, однако, уже в первые годы нового века мобильные телефоны превратились в вещь, которая должна быть у каждого человека.

На протяжении всей своей истории человечество земли испытывало острую надобность в средствах быстрой передачи информации на огромные расстояния. В самом начале цивилизации применялись разные примитивные методы – сигнальные костры, барабаны, почтовые голуби и т. д. Открытие электроэнергии разрешило соединять электропроводами между собой удаленные на огромное расстояние объекты, и фактически мгновенно обмениваться между ними достаточно приличными объемами информации. Это было чрезвычайно огромным достижением, хотя местоположение абонентов было строго фиксировано, что было неудобно.

Первым шагом к возникновению мобильных средств связи послужило открытие в 1888 году немецким физиком Генрихом Герцем электромагнитных радиоволн. Позже российский ученый Александр Степанович Попов создает устройство для регистрации электронных колебаний – первый примитивный радиоприёмник (Рис. 1).



Рисунок 1. Первый примитивный радиоприемник

В 1901 году итальянец Гульельмо Маркони установил радио-приемопередающее приспособление на борт парового авто и провел первую наземную мобильную связь. При этом передавались лишь данные (точка-тире), но не голос. Но говорить об истинной мобильности было еще рано, объемы прибора были просто большими.

В 1921 году в США возникла диспетчерская служба телеграфной подвижной связи. Сначала эти радиосистемы размещались лишь на автомобилях милиции и, используя азбуку Морзе, вызывали патрули для того, чтобы те связались с полицейским участком посредством проводного телефонного аппарата. Другими словами, это была система однонаправленного действия и ее смело можно назвать прообразом современной пейджинговой связи.

В 1934 году Конгресс Соединенных Штатов создает Федеральную Комиссию Связи (ФКС). Комиссия решала, кто и какие частоты станет получать. Самый высочайший приоритет возымели спасательные службы, муниципальные агентства и др. Следом за ними шли фирмы, предоставляющие услуги транспортировки грузов, такси и им аналогичные. Частот для применения частными лицами вообще не выделялось до завершения 2-ой Мировой Войны.

Ограниченное число частот, и как следствие, небольшое количество посетителей, считалось одной из причин задержки развития радиотелефонной связи. Изготовители

телефонных систем не видели необходимой экономической выгоды в переходе к беспроводным технологиям.

ФКС с течением времени все-таки выделила частоты для использования личными лицами, и 17 июня 1946 года в США в Сент Луисе фирма AT & Southwestern Bell запускает первую радиотелефонную сеть для личных клиентов. Техника была довольно массивной и предназначалась исключительно для установки в автомобили – таскать на себе 40 килограммовый телефонный аппарат было просто нереально. Хотя, невзирая на это, известность мобильной связи стала быстро расти. Но здесь появилась очередная, наиболее серьезная, чем большой вес аппаратуры, проблема – ограниченность частотного ресурса. Радиотелефоны, с близкими по частоте каналами, начинали вызывать обоюдные помехи, и нужно было минимум сто километров между двумя радиосистемами, чтоб стало возможным использовать частоту вновь.

В 1947 году происходят 2 события, имеющие огромное значение для дальнейшего становления радиотелефонной связи. В начале июля У. Шокли, У. Браттайн и Дж. Бардин – работники Bell Laboratories открывают транзистор (Рис. 2). Это позволило уменьшить вес и размеры сотовых телефонов.

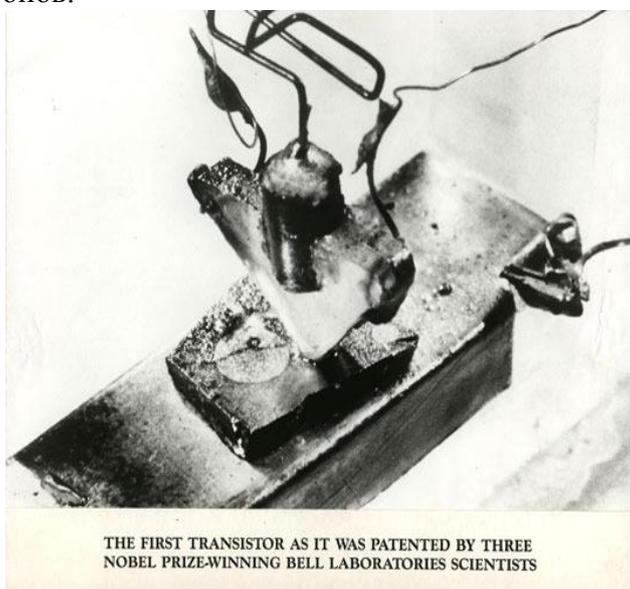


Рисунок 2. Первый в мире транзистор

Немногом позже Д. Ринг, работник все этой же Bell Laboratories, выдвигает идею сотового принципа организации сетей мобильной связи. Данная схема решала проблему конфликта близких по частотам каналов. Разработкой систем сотовой связи стали заниматься сразу несколько изготовителей радиотехники, хотя прошло более 20 лет до появления первых сетей.

И вот в 1973 году в Нью-Йорке, на верхушке 50 этажного строения Alliance Capital Building, фирмой Motorola, была смонтирована 1-ая во всем мире базовая станция сотовой связи. Ей предоставлялась возможность обслуживать менее 30 абонентов и соединять их с наземными линиями связи. 1-ый мобильник получил название Dina-TAC, его вес составлял 1,15 кг, размеры – 22,5x12,5x3,75 сантиметра.

Днем, 3 апреля того же года, вице-президент Motorola Мартин Купер, взяв Dina-TAC в руки, вышел на улицу и сделал 1-ый во всем мире звонок по мобильнику. Таким образом, днем рождения мобильника, ну и всей сотовой связи можно считать 3 апреля 1973. Хотя главные разработки проводились в США, 1-ая платная сеть сотовой связи была запущена в начале мая 1978 года в Бахрейне. Две соты с 20 каналами в диапазоне четыреста МГц обслуживали 250 абонентов. Немногом позже сотовая связь начала свое шествие по всему миру. Но внедрение своего собственного частотного диапазона в любой стране, с течением времени привело к тому, что обладатель мобильника приезжая за границу не имел

возможности им воспользоваться. Кроме этого, все имеющиеся тогда системы были аналоговыми, что не позволяло гарантировать конфиденциальность разговора.

Для решения этих проблем в 1982 году Европейская Конференция Администраций Почт и Электросвязи (CEPT) объединяющая 26 государств, решилась о разработке особой группы Groupe Special Mobile. Ее целью была разработка одного европейского эталона цифровой сотовой связи. Было решено использовать диапазон 900 МГц, а потом было решено выделить для новейшего стандарта и диапазон 1800 МГц. Новейший стандарт получил название GSM – Global System for Mobile Communications. GSM 1800 МГц кроме того носит название DCS-1800 (Digital Cellular System 1800). Первым государством, запустившим в 1992 году сеть GSM, считается Финляндия. Через год в Англии заработала 1-ая сеть DCS-1800 One-2-One. Отныне наступает масштабное распространение стандарта GSM по всему миру.

Если же сети первого поколения позволяли передавать исключительно голос, то 2-ое поколение систем сотовой связи, которым считается и GSM, позволяют давать и другие неголосовые услуги. Самой знаменитой и пользующейся популярностью услугой, вероятнее всего, считается предоставление маленьких текстовых сообщений – SMS (Short Message Service). Это двунаправленный сервис, позволяющий передавать текстовое сообщение с 1-го мобильного GSM на другой, и является усовершенствованным аналогом пейджинговой связи, потому что нет потребности связываться с операторской службой, для того чтобы выслать сообщение другому абоненту.

Кроме SMS-сервиса 1-ые телефонные аппараты стандарта GSM также позволяли передавать и прочие не голосовые данные. Чтобы достичь желаемого результата был разработан протокол передачи данных, получивший название CSD (Circuit Switched Data – передача данных по коммутируемым линиям). Наибольшая скорость передачи данных составляла всего 9600 бит за секунду. Для передачи факсимильного сообщения таких скоростей полностью хватало, хотя бурное становление Интернета в конце 90-х годов привело к тому, что почти все пользователи сотовой связи захотели использовать собственные трубки как модемы, а имеющихся скоростей было мало.

Для удовлетворения потребности своих клиентов в доступе к глобальной сети, инженеры придумывают WAP-протокол. WAP это неполное название от Wireless Application Protocol, что переводится как протокол беспроводного доступа к приложениям. В принципе WAP можно назвать облегченной версией обычного Интернет протокола HTTP, лишь адаптированного под ограниченные ресурсы мобильных, в том числе маленькие размеры монитора, маленькую производительность телефонных процессоров и маленькие скорости передачи данных в мобильных сетях. Но данный протокол не позволял просматривать обычные Веб – страницы.

В конечном итоге, абоненты сотовых сетей хотя и получили доступ в Интернет, но он оказался очень «ограниченным» и неинтересным. Плюс к этому, для доступа к WAP-сайтам используется такой же канал сотовой связи, что и для передачи голоса, другими словами куда вы загружаете либо просматриваете страницу, канал связи занят, и с лицевого счета списываются те же деньги, что и в период разговора.

Изготовителям оборудования сотовой связи понадобилось находить методы ускорения передачи данных, и в итоге на свет появилась технология HSCSD (High-Speed Circuit Switched Data), которая гарантировала вполне приемлемую скорость – до 43 килобит за секунду. Хотя все-таки и эта разработка не лишилась главного недочета своего предшественника – данные все так же передавались по голосовому каналу. И разработчикам вновь пришлось заняться кропотливыми исследованиями.

Старания инженеров не прошли даром, и довольно не так давно на свет возникла разработка, получившая название GPRS (General Packed Radio Services) – это название можно перевести как система пакетной радио передачи данных. В этой технологии употребляется принцип разделения каналов для передачи голоса и данных, и в итоге оплачивается не продолжительность соединения, а только размер переданных и полученных данных.

Кроме этого у GPRS еще есть одно превосходство перед наиболее ранними технологиями мобильной передачи данных – в период GPRS-соединения, телефонный аппарат все также способен принимать звонки и SMS-сообщения. Сейчас прогрессивные модели телефонных аппаратов, выставленные на рынке, при совершении разговора временно останавливают GPRS-соединение, которое автоматически восстанавливается по завершении разговора. Эти агрегаты классифицируются, как GPRS-терминал класса В. Намечается производство терминалов класса А, которые станут позволять сразу загружать данные и вести диалог с собеседником. Помимо прочего есть особые приспособления, которые предусмотрены лишь для передачи данных, и их называют GPRS-модемами либо терминалами класса С.

Теоретически GPRS способен передавать данные со скоростью 115 килобит за секунду. С возникновением GPRS опять вспомнили и о WAP-протоколе. Почти все операторы сотовой связи за маленькую ежемесячную абонентскую плату дают безграничный доступ к WAP-ресурсам. С возникновением GPRS сети сотовой связи закончили называться сетями 2 поколения – 2G, и сейчас мы пребываем в эпохе 2,5G. Неголосовые сервисы становятся все наиболее востребованными, происходит соединение мобильного, компьютера и глобальной сети. Создатели и операторы предлагают нам все больше дополнительных услуг.

Так используя возможности GPRS, был создан новый формат передачи сообщений, который был назван MMS (Multimedia Messaging Service – Сервис Мультимедийных Сообщений), который в отличие от SMS, позволяет отправлять с сотового телефона не только текст, но и различную мультимедиа информацию, например, звукозаписи, фотографии и даже видеоклипы. Причем MMS-сообщение может быть передано как на другой телефон, поддерживающий этот формат, так и на ящик электронной почты.

Помимо прочего увеличение мощности процессоров телефонных аппаратов разрешает сейчас загружать и запускать на нем разные программы. Для их написания в большинстве случаев употребляется язык Java2ME. Пользователи современных телефонных аппаратов сейчас могут подключиться к веб-сайту создателей Java2ME приложений и загрузить на собственный телефон, к примеру, новейшую игру либо иную нужную программу.

Кроме того, никого не удивит возможность подключения телефонного аппарата к компьютеру, для того чтобы, используя особое программное обеспечение, сохранить либо отредактировать на ПК адресную книжку, либо органайзер; находясь в пути используя связку мобильник-ноутбук выйти в полноценный Интернет и просмотреть собственную электронную почту. Но наши потребности постоянно растут, размер передаваемой информации вырастает фактически ежедневно. Ресурсов нынешних технологий становится мало для удовлетворения наших запросов.

Именно для решения этих вопросов и предназначены сети третьего и четвертого поколений – 3G и 4G. 3G и 4G это не стандарт сотовой связи как таковой, а единое название всех скоростных сетей сотовой связи, которые растут из ныне имеющихся. Большие скорости передачи данных позволяют передавать напрямик на телефонный аппарат качественное видеоизображение, производить соединение с Интернетом и локальными сетями.

Вполне естественно, что сети третьего поколения не будут финишным шагом развития сотовой связи. Сейчас проводится интеграция разных видов связи (сотовой, спутниковой, телевизионной и так далее), возникают гибридные приборы. Это способствует широкому введению сетей 5G. И о том, чем завершится данное эволюционное развитие, сейчас вряд ли сумеют поведать и писатели-фантасты.

#### Литература

1. Громаков, Ю.А. Сотовые системы подвижной радиосвязи. Технологии электронных коммуникаций. Том 48. – Москва: Эко-Трендз, 1994.
2. Громаков, Ю.А. Структура TDMA кадров и формирование сигналов в стандарте GSM. №10. – Москва: Электросвязь, 1993. – 9 с.
3. Сукачев, Э.А. Сотовые сети радиосвязи с подвижными объектами: Учебное пособие. – Изд. 2-е, испр. и дополн. – Одесса: УГАС, 2000. – 119с.

УДК 621.3

## ПРОЕКТ SOLAR ROADWAYS - СОЛНЕЧНЫЕ ПУТИ

Самец. О. В.

Научный руководитель - старший преподаватель Германович Е.И.

Мы часто слышим, что планируется ввести в эксплуатацию «умную» дорогу. Под этим термином можно понимать что угодно, например, дороги могут подпитывать автомобили энергией, снабжать водителей информацией или иметь лазерные пешеходные переходы.

Одним из самых ярких планов «умной» дороги является проект SolarRoadways - Солнечные пути.



Рисунок 1. Проект SolarRoadways - Солнечные пути

Американские инженеры Скотт и Джулия Брюсоу разработали проект SolarRoadways, позволяющий превратить дорожную сеть в обширную солнечную электростанцию. Скотт и Джулия Брюсоу предлагают сменить все покрытие дорог в США на солнечные батареи, накрытые прозрачным очень прочным материалом, на основе стекла, выдерживающим постоянную нагрузку от транспорта.

Этот проект сделает ненужным ряд традиционных электростанций. SolarRoadways будут питать, в первую очередь, сами себя. Солнечные пути будут очищаться от снега и льда зимой с помощью подогрева, дорожные знаки станут интерактивными, управляемыми от дороги, разметка будет освещаться светодиодами, встроенными в полотно. Бесконтактно заряжаться от полотна смогут аккумуляторы электромобилей.

Скотт и Джулия в феврале 2012 года представили первую модель дорожной плиты. На изготовление прототипа Министерство транспорта США выделило грант в \$100 000.

Покрытие SolarRoadways состоит из трех основных слоев (рисунок 2).

Внешний слой – это специализированное стекло, имеющее шипованную - структурированную текстуру, улучшающую сцепление с шинами автомобилей. Прочное стекло, выдерживающее тяжеловесные грузовики, стоит очень недешево. Спецпокрытие должно выдерживать сложные погодные условия и быть водонепроницаемым.

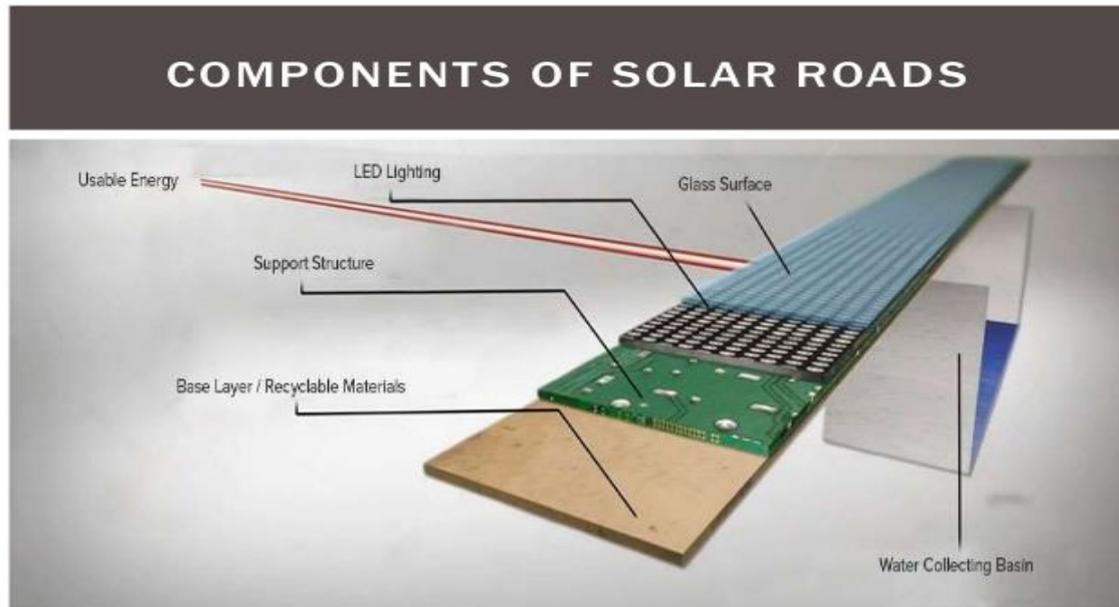


Рисунок 2. Покрытие SolarRoadways

Под внешним слоем расположен электронный слой. В него входят: управляющие микропроцессоры, подсветка, нагревательные элементы для избавления от снега, а также солнечные панели.

Солнечные панели - одна из основных составляющих второго слоя. Принцип работы этих устройств, первые рабочие экземпляры которых появились давно, на самом деле достаточно прост.

Известно, что  $p-n$  переход может преобразовать модифицировать свет в электроэнергию. Часто приводят пример эксперимента с транзистором со срезанной верхней крышкой. Подключив к нему вольтметр, можно зафиксировать, как при облучении светом такой транзистор выделяет мизерный электрический ток. А что произойдет, если увеличить площадь  $p-n$  перехода? В ходе научных экспериментов, эксперты изготовили  $p-n$  переход с пластинами большой площади, призвав этим появление на свет фотоэлектрических преобразователей, которые прозвали - солнечными батареями.

Принцип действия современных солнечных батарей сохранился, несмотря на многолетнюю историю существования. Улучшились лишь конструкция и материалы, эксплуатируемые в производстве, что способствовало увеличению коэффициента фотоэлектрического преобразования или КПД устройства. Величина выходного тока и напряжения солнечной батареи напрямую зависит от уровня внешней освещенности.

Для снятия выходного напряжения, в структуре солнечной батареи используется  $p-n$  переход и пара электродов

На рисунке 3 можно видеть, что верхний слой  $p-n$  перехода, который обладает избытком электронов, соединен с металлическими пластинами, выполняющими роль положительного электрода, пропускающими свет и придающими элементу дополнительную жесткость. Нижний слой в конструкции солнечной батареи имеет недостаток электронов и к нему приклеена сплошная металлическая пластина, выполняющая функцию отрицательного электрода.

Для увеличения мощности, выходного напряжения и тока на основе солнечных батарей созданы панели, где соединяются отдельные элементы.

Управляющие микропроцессоры - это центральный блок системы, предназначенный для управления работой всех остальных блоков и выполнения логических операций над поступающей на него информацией.

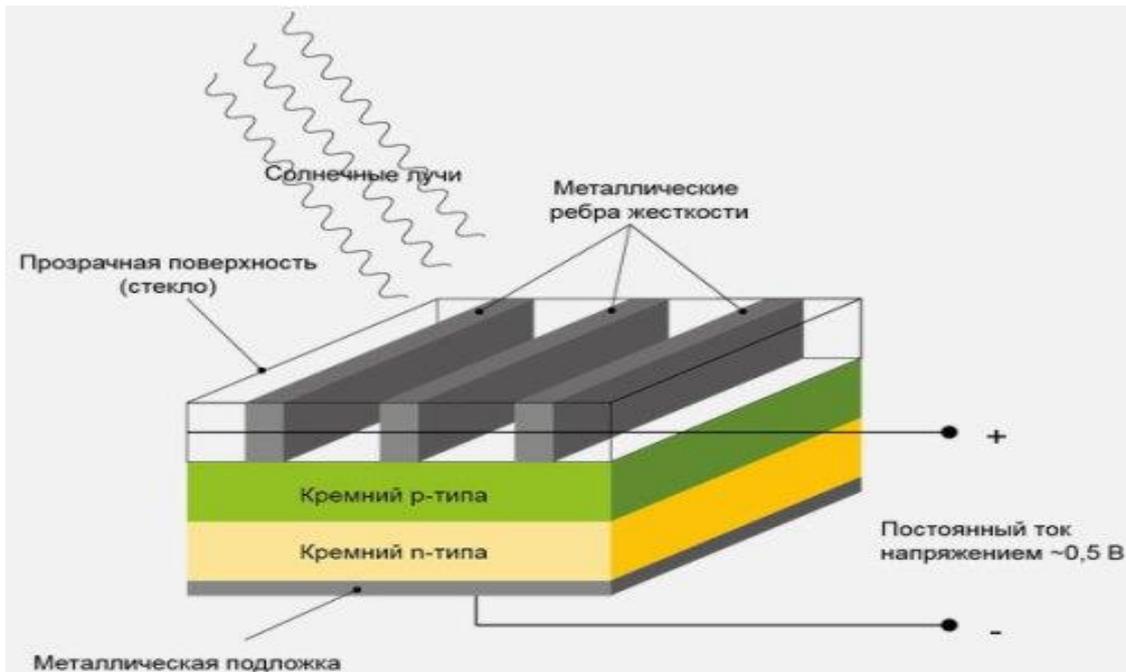


Рисунок 3. Устройство солнечной батареи

LED-подсветка – светодиодная подсветка, благодаря которой можно фиксировать дорожные знаки и предупреждающие надписи, высвечивать сигналы светофора непосредственно на проезжей части (рисунок 4). К примеру, если дорога перед вами стала красного цвета, следовательно, на светофоре включился запрещающий сигнал. Данная подсветка имеет такое же устройство, как и LED телевизоры.



Рисунок 4. LED-подсветка в SolarRoadways

Последний, третий слой - коммуникационный, базовый. «Добытая» электроэнергия через данный слой поступает к внешним потребителям.

Нужно отметить, что передавать можно не только электроэнергию. Через SolarRoadways можно провести телефонию, высокоскоростной интернет и многое другое.

Плюсы и минусы.

Плюсами разработки Брюсоу являются широкодоступная электроэнергия, большая автономная электростанция с возможностью подключения к ней, комфортное управление разметкой и информацией, преимущества экологического характера.

Безумная стоимость проекта является его главным минусом. По предварительным расчетам одна панель будет стоить \$7–10 тысяч, а асфальт этой же площади стоит около \$250.

Но будущее у проекта SolarRoadways есть. Скорее всего, его испытают для начала на участках дорог с малым движением - например, парковках (рис. 5). А потом уже будут смотреть, стоит ли игра свеч.



Рисунок 5. Парковка с покрытием SolarRoadways

#### Литература

1. Электронный ресурс «sun-battery.biz» - [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<https://www.sun-battery.biz>- Дата доступа: 12.04.2018.
2. Электронный ресурс «Как работают электронные дороги» [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<https://www.pormech.ru>- Дата доступа: 12.04.2018.
3. Электронный ресурс «Умные дороги и Интеллектуальная транспортная система» - [Электронный ресурс]. - Режим доступа:<http://unistroy.spbstu.ru> - Дата доступа: 12.04.2018.

УДК 620.92

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ VEHICLE-TO-GRID ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ СУТОЧНОГО ГРАФИКА НАГРУЗКИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Озерец Ю.В., Полухович А.Д.

Научный руководитель – старший преподаватель Новикова Л.И.

В настоящее время наблюдается тенденция к переходу на автомобили, приводимые в движение электродвигателем, а не двигателем внутреннего сгорания. Существует потенциал для соединения между такими транспортными средствами и электрической сетью.

Согласно исследованиям личные транспортные средства используются около 5% от всего суточного времени, что делает их потенциально полезными для вторичной функции в оставшиеся 95% времени. Так электромобили (EVs) и гибриды могут быть использованы в качестве хранилища и / или генерирующих мощностей, что несет в себе экономическую ценность для операторов электросетей, а также владельцев ТС и производителей автомобилей, значительно снижая затраты на электрические, гибридные и топливные элементы.

Данная идея была воплощена при создании технологии Vehicle-to-grid (V2G). Она представляет собой концепцию двухстороннего использования электромобилей (EVs) и гибридов, подразумевающую подключение машины в общую энергосеть для подзарядки автомобиля и отдачи лишней электроэнергии обратно.

Согласно данной концепции, владельцы автомобилей с технологией V2G имеют возможность заряжать автомобиль в часы минимальной нагрузки энергосистемы (ночные часы), и продавать электроэнергию операторам сети в пиковые часы потребления (рис. 1).

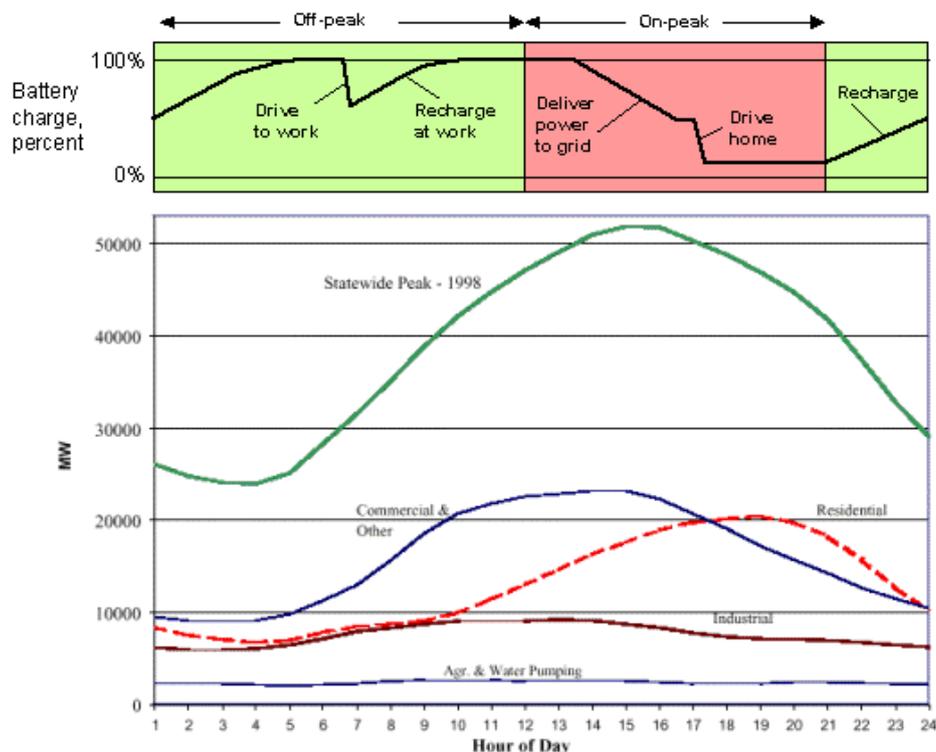


Рисунок 1. Совмещенные График зарядки/отдачи электроэнергии электромобилем и Суточный график нагрузки энергосистемы

Рассмотрим общий принцип работы системы V2G (рис. 2).

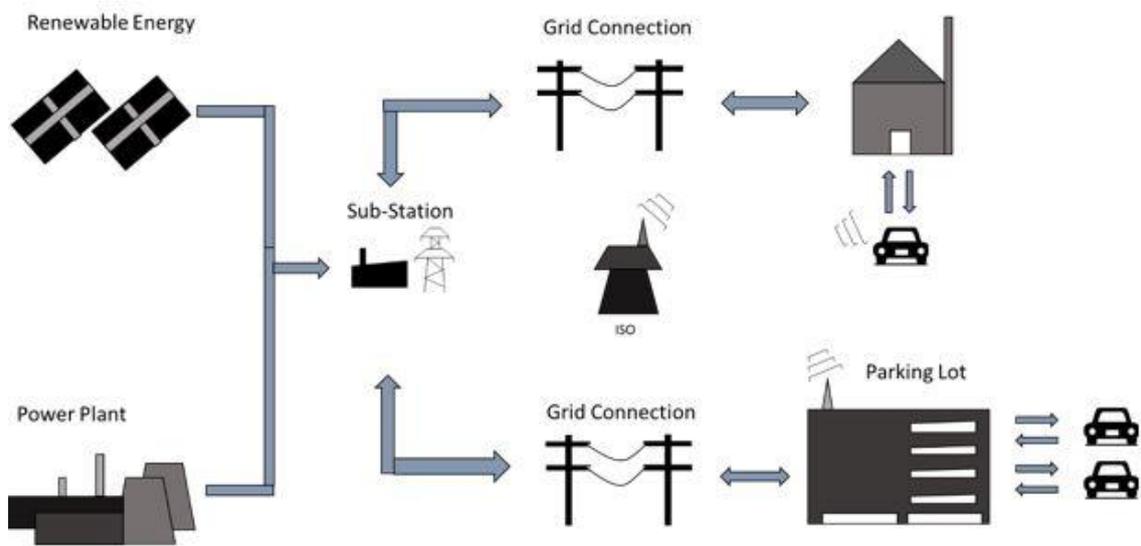


Рисунок 2. Общий принцип работы системы V2G

Мощность, генерируемая из различных источников, таких как возобновляемые источники энергии и тепловые электростанции, поступает в одну сторону в систему и распределяется в энергосистеме. Эта мощность используется для зарядки EVs дома, на рабочем месте или на выделенных зарядных станциях.

Энергия батареи электромобилей используется для питания системы во время пиков потребления электроэнергии, что обеспечивает двухстороннюю систему потоков между сетью и EVs.

Независимый системный оператор (ISO) функционирует как центральная система управления для облегчения связи между EVs и сетью. ISO испускает управляющие сигналы в виде широкополосных радиосигналов.

Три основных требования для работы технологии V2G представлены ниже (рис. 3).

Подключение питания	Связь	Снятие показаний приборов
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVs подключается к зарядной станции и бортовой силовой электронике для обеспечения двунаправленного потока</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для обеспечения контроля и управления мощностью в режиме реального времени устанавливается связь между транспортным средством и оператором. Телематика все чаще используется в целях коммуникации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Для измерения мощности, предоставляемой ТС, а также продолжительности отдачи электроэнергии требуется точное снятие показаний.</li> </ul>

Рисунок 3. Основные требования для работы технологии V2G

Технология V2G обладает рядом преимуществ и недостатков.

Преимущества:

- Концепция позволяет автомобилям с технологией V2G помочь балансировать суточные графики нагрузки, заряжая автомобиль ночью при низком спросе и продавая энергию обратно в сеть, когда спрос высок.

- При дифференцированных тарифах на электроэнергию владельцы транспортных средств с V2G могут потреблять энергию в часы с более дешевым тарифом, а продавать в сеть по более высокому.
- В будущем данная технология может обеспечить хранение энергии, полученной от возобновляемых источников, таких как энергия ветра. Например, потребляя избыточную энергию, производимую в ветреные периоды, и отдавая ее обратно в сеть в периоды высокой нагрузки, ТС с технологией V2G может эффективно стабилизировать прерывистость ветровой энергии.
- Технология позволяет компенсировать затраты на электрические и гибридные элементы, а также несет в себе новый источник экономической отдачи для производителей автомобилей.

Недостатки:

- Батареи имеют конечное количество циклов зарядки, а также срок годности, поэтому использование транспортных средств в качестве хранилища в сетях может повлиять на долговечность батареи. Исследования, в которых происходит цикл батарей два или более раз в день, показывают значительное снижение емкости и значительно сокращают срок службы.

В настоящее время основными компаниями, занимающимися внедрением технологии V2G, являются Nissan Motor, Enel, Nuvve.

В августе 2016 года компании Nissan Motor и Enel запустили в Копенгагене первый в мире полностью коммерческий узел «автомобиль-сеть» (V2G). Датская компания по предоставлению коммунальных услуг Frederiksberg Forsyning приобрела 10 электрических минивэнов Nissan e-NV200 и установила в своем головном офисе десять устройств V2G для их подзарядки. Устройства были произведены Enel, а перераспределение энергии между электромобилями и сетью контролировала платформа Nuvve. Общая мощность, обеспечиваемая 10-часовыми зарядными устройствами Enel V2G, составляет около 100 кВт. В результате, электромобили, участвовавшие в тесте, за счет продажи электроэнергии за год «заработали» 1300 евро.

В мае 2017 года благодаря партнерскому соглашению между Enel Energia, Nissan Italia и Итальянским технологическим институтом (ИИТ), стартовал пилотный проект по совместному использованию электромобилей с зарядными устройствами V2G в штаб-квартире ИИТТ в Генуе, Италия.

Nissan предоставил два автомобиля, модели LEAF, а также платформу управления приложениями под названием Glide, в то время как Enel Energia установила две зарядные станции V2G.

В заключение стоит отметить, что само по себе каждое транспортное средство будет нести небольшой вклад в энергосистему, но в совокупности большое количество автомобилей с технологией V2G будет представлять собой значительные объемы хранения или генерирующие мощности, принося экономическую выгоду.

### Литература

1. Final Report Vehicle-to-Grid Demonstration Project: Grid Regulation Ancillary Service with a Battery Electric Vehicle [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.acpropulsion.com:80/reports/V2G Final Report R5.pdf](http://www.acpropulsion.com:80/reports/V2G%20Final%20Report%20R5.pdf). - Дата доступа: 16.04.2018
2. Nissan, Enel and Nuvve operate world's first fully commercial vehicle-to-grid hub in Denmark [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://newsroom.nissan-europe.com/eu/engb/media/pressreleases/149186/nissan-enel-and-nuvve-operate-worlds-first-fully-commercial-vehicle-to-grid-hub-in-denmark1>. - Дата доступа: 16.04.2018
3. Vehicle-to-grid [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle-to-grid#cite\\_note-11](https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle-to-grid#cite_note-11). - Дата доступа: 16.04.2018

УДК 621.396.6

**ТЕХНОЛОГИЯ WI-CHARGE**

Русецкая М.И., Стасула Я.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Новикова Л.И.

В мире, полном гаджетов, в связи с неспособностью устройств удерживать долго заряд аккумулятора, возрастает потребность в их подзарядке. По этой причине огромной проблемой является отсутствие мест подзарядки и ограниченности их видов (рис. 1).

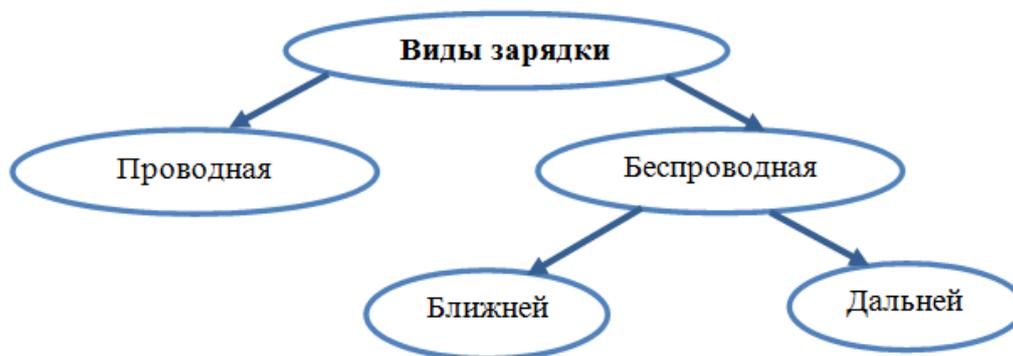


Рисунок 1. Виды батарей

На сегодняшний день в создании беспроводных батарей используются следующие технологии (рис. 2, рис.3): индуктивного характера (требует прямого контакта с объектом) и резонансного характера (могут действовать на расстоянии до нескольких сантиметров), - все они требуют нахождения передатчика заряда и его приёмника в непосредственной близости.



Рисунок 2. Батарея индуктивного характера



Рисунок 3. Батарея резонансного характера

Как в батареях индуктивного характера, так и резонансного используется метод магнитной индукции. Базовая станция состоит из индукционной катушки, которая создаёт электромагнитное поле при поступлении переменного тока. В устройстве, которое необходимо заряжать, находится приемная катушка, которая конвертирует энергию магнитного поля в постоянный ток, заряжающий аккумулятор.

Технология WI-CHARGE, в отличие от ранее известных технологий, позволяет заряжать устройства на расстоянии до нескольких метров. Для зарядки при помощи WI-CHARGE применяется невидимое для пользователей инфракрасное излучение первого класса безопасности (безопасны при любых условиях нормального применения). Специальный инфракрасный трансмиттер крепится на потолке (рис. 4).

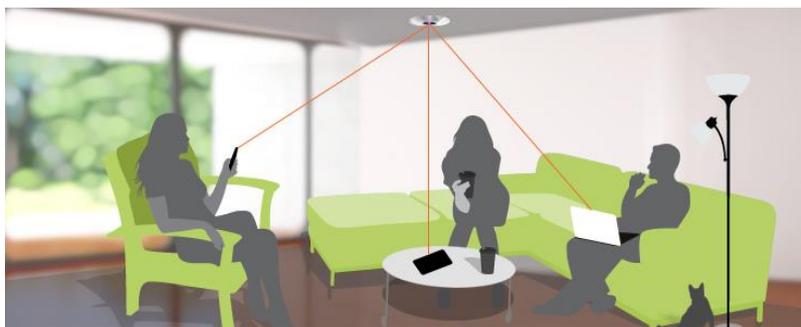


Рисунок 4. Инфракрасный трансмиттер

Направленные лучи инфракрасного лазера могут улавливаться фотогальваническими элементами, вырабатывающими электричество на значительном расстоянии. Когда на пути лазерного луча появляется посторонний объект, устройство автоматически прекращает работу.

Система представляет полупроводниковый блок передатчика, который генерирует фотоны, принимаемые фотоэлектрическим элементом в приёмнике, например, в модифицированном или кейсе смартфона. Wi-Charge использует зеркала, которые позволяют поддерживать луч между передатчиком энергии и её приемником даже тогда, когда последний движется в пространстве. Во время своей работы передатчик непрерывно посылает маломощные инфракрасные импульсы, и когда те встречают отражающий элемент на приёмнике, устанавливает связь и начинает усиление луча. Соединение поддерживается всё время, пока заряжаемое устройство находится в радиусе действия и в пределах прямой видимости системы

Уже существуют различные виды WI-CHARGE. Первый вариант, "Light" (рис. 5), рассчитан на подзарядку батарей мобильных телефонов в области одного рабочего места. Второй вариант, "Kiik"(рис. 6), ориентирован на обеспечение энергией малопотребляющих устройств из разряда "Интернета вещей". А третий, самый мощный вариант, "Rayo"(рис. 7), способен обеспечить зарядку аккумуляторных батарей в помещении, площадью до 25 квадратных метров, чего достаточно для охвата практически любой жилой комнаты или небольшого офиса



Рисунок 5. Light



Рисунок 6. Kiik



Рисунок 7. Rayo

Преимущества данной технологии:

- Большой радиус действия

Использование света с короткой длиной волны позволяет осуществлять беспроводную зарядку на сравнительно больших расстояниях. Свет в отсутствие препятствий способен перемещаться на большие расстояния с минимальным отклонением и легко добирается до удаленных устройств.

- Компактность / мобильность.
- Способность передавать любые объемы (рис. 8) энергии (от нескольких милливатт до сотен ватт).



Рисунок 8. Объёмы передаваемой энергии

Планируется, что финальная версия Wi-Charge будет способна подзаряжать обычный смартфон с такой же скоростью, что и обычная проводная зарядка. На данный момент уже созданы музыкальные колонки и проигрыватели, которые способны работать на этой технологии.

Как мы видим, на данный момент технология Wi-Charge является единственным способом быстрой и удобной беспроводной подзарядки для пользователя. На данный момент технология проходит все необходимые проверки и тестирования с целью выяснения способности Wi-Charge повлиять на здоровье человека. Если испытания будут пройдены успешно, жизнь человека во многом облегчится благодаря беспроводным технологиям.

### Литература

1. WI-CHARGE изобрёл новый беспроводной способ зарядки смартфона [Электронный ресурс]. – 2017 – Режим доступа: <https://ig-store.ru/news/tehnologii/14566-wi-charge-izobrel-novyi-besprovodnoi-sposob-zaryadki-smartfona>: 17.04.2018
2. Технология Wi-Charge превратит комнату в беспроводное зарядное устройство [Электронный ресурс]. – 2017 – Режим доступа: <https://news.rambler.ru/gadgets/37875597-tehnologiya-wi-charge-prevratit-komnatu-v-besprovodnoe-zaryadnoe-ustroystvo/?updated:> 17.04.2018

УДК 621.3

## СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ НАСОСОВ

Слепица М.С.

Научный руководитель – старший преподаватель Зеленко В.В.

Насосные станции представляют собой современные комплексные системы, предназначенные для перекачивания жидкостей. Правильное функционирование станции включает в себя бесперебойную работу насосных агрегатов, трубопровода и всех вспомогательных устройств.

**Насосный агрегат** – это совокупность устройств, обычно он состоит из насоса и электродвигателя.

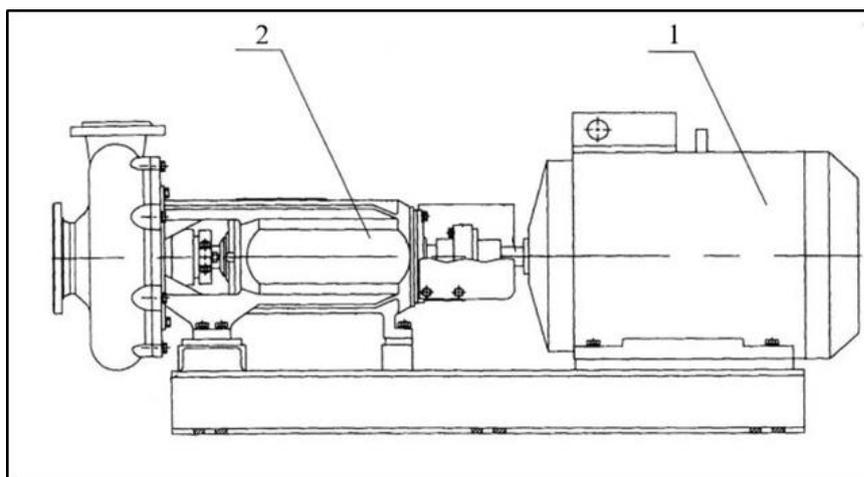


Рисунок 1. Схема насосного агрегата:  
1 – электродвигатель, 2 – насос

На насосных станциях применяют, как правило, асинхронные и синхронные электродвигатели переменного трехфазного тока. Электродвигатели трехфазного тока выпускают на стандартные напряжения 220; 380; 500; 6000 и 10000 Вольт. Для насосных агрегатов мощностью до 200 кВт применяют так называемые низковольтные электродвигатели на напряжение 220/380 и 500 Вольт, а для более мощных агрегатов — высоковольтные электродвигатели на напряжение 6 и 10 кВольт. Наиболее простыми и распространенными являются **асинхронные двигатели**.

Электродвигатели насосов требуют качественного электроснабжения. Напряжение в электросетях редко составляет стабильное значение в 220 Вольт, чаще всего оно изменяется с допустимым значением в плюс или минус 5-10%. Техника справляется со значением 200 или 240 Вольт. Но повышение или понижение уровней напряжения может привести к большому износу насоса или к его поломке. Для эффективного решения этой проблемы необходимо использовать **специализированные стабилизаторы напряжения для насосов**.

Дополнительные требования к стабилизаторам напряжения для насосов определяются конструктивными особенностями насосного оборудования. Напряжение «ниже нормы» в сети приводит к существенной потере мощности насоса, кроме того может появиться биение насоса. Напряжение «выше нормы» приводит к перегреву устройства и повышенному износу его частей. Использование для питания насосов стабилизаторов сетевого напряжения позволит стабилизировать параметры тока и обеспечит эффективную работу насосного оборудования.

Стабилизаторы, вне зависимости от фазности, могут быть 3-х типов управления процессом выравнивания напряжения и частоты:

• **Электромеханические** (другое название – стабилизаторы с сервоприводом, или автотрансформаторные), где стабилизация идет за счет переключения (передвижения) трансформаторного регулятора сервоприводным двигателем.

Стабилизация такого типа имеет широкий диапазон напряжения и точную корректировку на выходе. Они считаются самыми доступными и относительно дешевыми. Стабилизация в этом случае имеет широкий диапазон напряжения и точную корректировку на выходе, что важно для работы насосов;

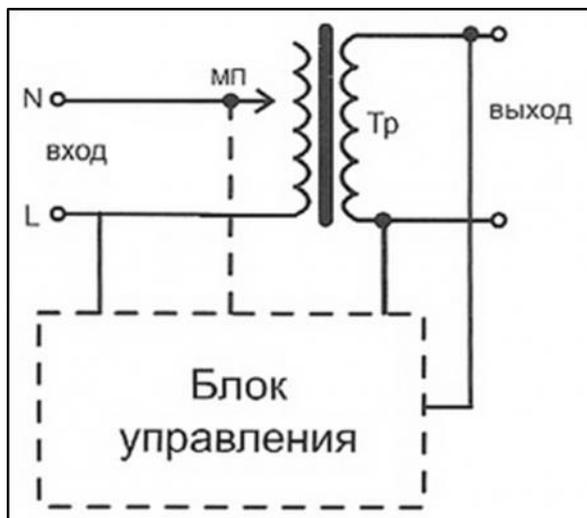


Рисунок 2. Электромеханический стабилизатор напряжения.  
Упрощенная схема

• **Релейные**, переключают поэтапно трансформаторные секции при действии силового поля ключей от реле. Они по своим возможностям превосходят стабилизаторы электромеханического типа, в частности, по диапазону напряжения и частоте выходных показателей напряжения;



Рис.3 - Релейный стабилизатор напряжения. Схема функциональная

• **Тиристорные**, переключение происходит за счет тириستоров и других электронных устройств. Они так же подходят для применения с водяными насосами, но имеют более высокую стоимость, чем вышеуказанные типы стабилизаторов.

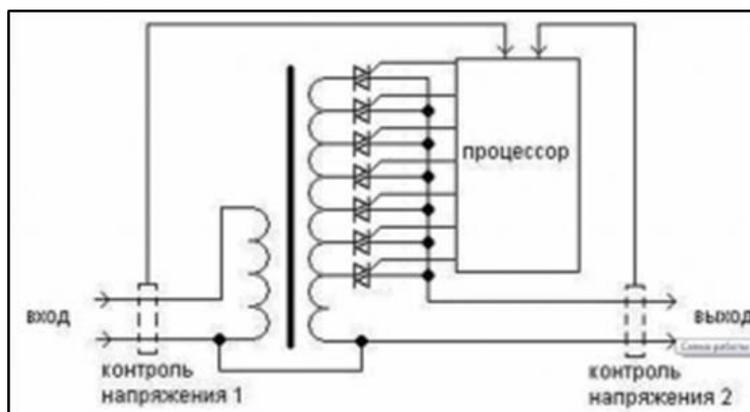


Рисунок 4. Симисторный стабилизатор напряжения. Упрощенная схема

Для того, чтобы подобрать стабилизатор для насоса или насосной станции необходимо обратить внимание на следующее:

1. От скольких фаз работает насос;
2. Суточный диапазон напряжения в сети: знать его крайние нижние и верхние пики. Когда напряжение в сети падает ниже 190 Вольт, то на каждые 10 Вольт нужно рассчитывать прибавление к полной мощности стабилизатора еще по 10% мощности;
3. При периодических пусках агрегата (агрегатов) в работу пусковая мощность будет превышать номинальную (по паспорту) в 4-7 раз, поэтому необходимо подбирать стабилизатор, у которого выходная мощность будет превышать заявленные показания насоса или насосной станции по мощности в 3 раза;
4. Полная мощность подключенных к стабилизатору потребителей  $N_{полн}$  измеряется в ВА (вольт-амперах), а в паспорте указана только их активная мощность  $N_{актив}$ , она прописана в документах в Вт (Ваттах), чтобы высчитать полную, нужно  $N_{актив}$  разделить на  $\cos \varphi$ , который для насосов составляет 0,6;
5. Удаленность насоса и стабилизатора от подстанции.

Из всех имеющихся типов стабилизаторов напряжения, наиболее подойдут симисторный и релейный тип.

Релейный стабилизатор, как и симисторный имеет высокую скорость реакции на скачки напряжения. Что очень важно при эксплуатации насосов. При каждом пуске, будет происходить скачек напряжения, поэтому нужна высокая скорость реакции.

При подборе стабилизатора только для одного насоса, выгоднее и дешевле купить релейный стабилизатор. Если помимо насоса присутствует много техники и приборов, которые нужно подключать через стабилизатор, в таком случае лучше взять симисторный. У симисторного стабилизатора срок службы гораздо выше. Он работает бесшумно, но стоит в 2-3 раза дороже релейного. Поэтому стабилизатор подбирается исходя из технико-экономических расчетов и других факторов, которые надо учитывать в том или ином случае.

#### Литература

1. <https://skat-ups.ru/articles/126-stabilizatory-napryajeniya-dlya-nasosov.html>
2. [https://aqua-therm.ru/articles/articles\\_129.html](https://aqua-therm.ru/articles/articles_129.html)

УДК 621.313.13

**СХЕМОТЕХНИКА IGBT ТРАНЗИСТОРОВ**

Курьянов П.В.

Научный руководитель старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Сейчас в электронике стали очень популярны *IGBT* транзисторы. В переводе с английского, обозначают *Insulated Gate Bipolar Transistor*, а в переводе на русский язык это означает биполярные транзисторы с изолированным затвором. Их создали в компании Дженерал Электрик, а появились на рынке под брендом Моторола. Этот транзистор является совмещением полевого и биполярного транзистора. Значит, он соединил лучшие черты полевого транзистора и биполярного. Целью работы являлось получить управление биполярным транзистором с помощью полевого транзистора. А значит, переключение большой нагрузки можно проводить с помощью маленькой мощности, так как сигнал поступает на затвор полевого транзистора. Входные характеристики данного транзистора подобны входным характеристикам полевого транзистора, а выходные – выходным характеристикам биполярного.

Устройство транзистора представлено на рис. 1. Он включает в себя каскад двух электронных ключей, которые управляют выходом.

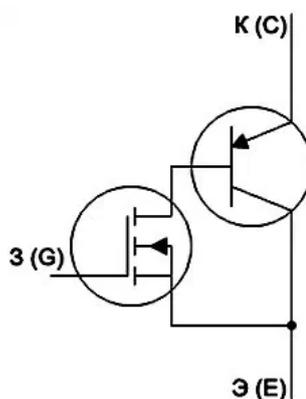


Рисунок 1. Устройство транзистора

Принцип работы транзистора состоит из двух частей:

1. Начинается он с подачи положительного потенциала между истоком и затвором, после чего полевой транзистор открывается, и появляется  $n$ -канал между стоком и истоком.
2. Затем появляется движение заряженных электронов из  $n$ -области в  $p$ -область, а значит, открывается биполярный транзистор. После чего от эмиттера к коллектору протекает электрический ток.

Существуют отличительные особенности данного транзистора: он может управляться напряжением; имеет низкие потери; имеется возможность работать при температурах выше тысячи градусов; он может работать с напряжением более 1000 В и мощностями свыше 5 кВт.

Основные преимущества данных транзисторов:

- Большая плотность тока.
- Практически отсутствуют потери статического и динамического типа.
- Отсутствие короткого замыкания.
- Достаточно несложное параллельное соединение.

Структура и обозначение на схемах *IGBT* транзистора изображена на рис. 2.

n - канальный IGBT

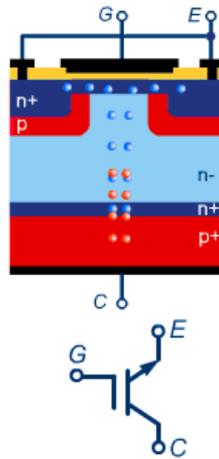


Рисунок 2. Структура и обозначение на схемах *IGBT* транзистора

Данные преимущества позволяют нам использовать данные транзисторы в различных устройствах, таких как инверторы, регуляторы тока. Их можно так же встретить в сварочных устройствах. Встречаются они так же в электротранспорте, таком как троллейбусы и трамваи. Данные транзисторы позволяют повысить плавность хода электротранспорта.

Такие транзисторы можно так же обнаружить в источник бесперебойного питания. Встречаются так же и в сетях высокого напряжения. Широко используются они так же в бытовых приборах, таких как стиральные машины, кухонные приборы, швейные машины. Как отмечалось выше, используются они в транспортных машинах, так же могут быть установлены в системах электронного зажигания машин.

Данные транзисторы могут быть созданы как в виде полупроводников, так и в виде модулей. Модули можно встретить в частотных преобразователях.

Рабочая частота транзистора до 50 кГц. При ее повышении, увеличиваются и потери. Максимальное напряжение выше 400 В, при котором транзисторы наиболее эффективны.

УДК 621.3

## ДЕНЬГИ ИЗ ВЕТРА

Кузьмина А.В., Лабан Д.В.

Научный руководитель – Зеленко В.В.

В работе, которую мы представляем, систематизированы сведения о ветряных установках на территории нашей страны, а также о недостатках и преимуществах данного вида возобновляемой энергии.

Ветрогенераторы - это генераторы электрической энергии, которые превращают энергию ветра в электрическую. Конструкции наших дней экономически эффективно используют энергию самых слабых ветров – более 4 метров в секунду.

Принцип работы установок основан на вращении лопастей ветром, который передаёт крутящий момент на вал генератора через редуктор. При этом образуется трехфазный переменный ток. Полученный ток направляется через контроллер на аккумуляторную батарею. Для стабильной работы в ветрогенераторах используются аккумуляторы. При наличии ветра аккумуляторы заряжаются генератором. Для бесперебойного питания граждан, при его отсутствии ветра, энергия берётся с аккумулятора. Направляется преобразованный ток потребителю, для обеспечения питания стиральных машин, отопительных батареи, телевизоров, ноутбуков, освещения и иных устройств.

На сегодняшний день вырабатывается 73.4 МВт с 75 установленных ветряков, которые находятся по всей территории Республики Беларусь. Лидером является Могилёвская область, здесь работают уже более 20 ветряков, которые принадлежат государству и различным организациям. Под Могилёвом высоты ветряков находятся в диапазоне от 50 до 70 метров. Есть «золотое правило», если хочешь больше шанс «словить» ветер, тем необходим выше установка. Например, ветер есть практически везде и всегда при высоте 100 м и более. Две установки - "семидесятки" с установленной мощностью 1 мегаватт каждая располагаются под городом Горки. В среднем за месяц одна такая конструкция ( $P = 1\text{МВт}$ ) вырабатывает электроэнергию, которая равна потреблению 200 квартир за данный период. Электричество, полученное на ветрогенераторах, поступает потребителям в сеть напрямую. Под землёй проходят все кабели. Но на ней находятся ветряные установки и трансформаторные будки. Что насчёт самой высокой ветряной установки, то она находится под Новогрудком. Мощность её составляет 3,3 МВт, а высота данной конструкции составляет 120 метров. Для страны данный проект немаловажен, так как к белорусскому ветру он привлек внимание одного из лидеров в данной области. В нашей стране прибавится количество данных установок, если все пройдет удачно. На сегодняшний день в Новогрудском районе установлено 13 ветрогенераторов, шесть были установлены по инвестиционной государственной программе, а в частной собственности находятся семь конструкций. Около 15,5 МВт. – вот данные результаты по мощности установок, которые вырабатывают с помощью ветра энергию в этом районе.

Для развития ветряной энергетики в Республике Беларусь выявлено 22 многообещающих района, где разместится примерно 2000 установок (приложение 1а, приложение 1б). Дзержинский, Могилевский, Мядзелский, Новогрудский и Гродненский районы являются самыми перспективными из них.

На территории нашей республики в эксплуатацию за 2017 год введено 8 ветроэнергетических установок, а 13,2 МВт — это их суммарная мощность. В реализации проектов ветроэнергетики наблюдается положительная динамика за 2017 год по отношению к прошлому периоду. Планируется установить еще семь ветряков до 2020 года только в Новогрудском районе.

Какие же недостатки и преимущества ветряных установок по отношению к другим источникам энергии. При выборе альтернативного источника энергии в виде установки ветряной станции возникает вопрос: по сравнению к тепловым, какими плюсами обладают ветровые конструкции?

Конструкция является достаточно простой.

- Неиссякаемый источник энергии. В борьбе тепловых и ветровых станций это преимущество является решающим. Для работы ветряков используется энергия ветра, а это источник энергии который является возобновляемым. Тепловые станции, которым необходимо постоянное использование топлива, против ветра, который есть почти везде и всегда;
- Экономичность. Что говорить, минимальные затраты при максимальных выгодах;
- Экологичность. Атмосфера не загрязняется, так как для работы ветряных установок не требуется перерабатывать нефтепродукты;

Автономность, доступность и компактность так включаются в преимущества ветровых электростанций по сравнению с ТЭС.

Ветровые электростанций обладают рядом существенных недостатков по сравнению с тепловыми:

- Для радиосвязи и телекоммуникации создаются помехи в эфире;
- По нормативным документам разрешено размещать ветряные установки не ближе 300 метров до мест с проживанием людей в связи с вибрацией и шумом от работы ветряной электростанции;

Ну что же, масса плюсов имеет ветроэнергетика. Так, практически отсутствуют затраты на регламентные работы, обслуживание ветряков, покупку топлива, зарплату рабочих. Недостатки тоже присутствуют. К ним относятся то, что возле лесополос и в ложбинах из-за прерывания потока ветра ветряки не могут работать. Ветротехнологии остаются чистыми в экологии, как бы там ни было, не загрязняют атмосферу, а, следовательно, дорогостоящие объекты по очистке не требуются.

Как видим, достойный отпор способна дать устаревшей тепловой энергетике наша «зелёная». Все, что необходимо сделать, – решиться на инновационный переход.

### Литература

1. Сорока, А.С. Типы ветродвигателей. Новые конструкции и технические решения // Журнал Энергетика и ТЭК - январь 2013.-№1
2. Харитонов, В.П. Автономные ветроэлектрические установки: учеб. пособие Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства. – Москва, 2006
3. Государственная производственное объединение электроэнергетики «Белэнерго» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energo.by>. – Дата доступа: 10.04.2018
4. Зялёны партал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://greenbelarus.info>. – Дата доступа: 10.04.2018

УДК 621.3

## ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА БЕЛАРУСИ. НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ

Ненартович Э.В.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

Электроэнергетика – это отрасль энергетики, в состав которой входит производство, передача и сбыт электроэнергии. Электроэнергетика является одной из важнейших отраслей энергетики. Основным доказательством ведущей отрасли являются преимущества электроэнергии перед энергией других видов:

- относительная легкость передачи на большие расстояния
- распределения между потребителями
- преобразование в другие виды энергии (механическую, тепловую, химическую, световую)
- одновременное ее потребление и генерирование

В Беларуси хорошо развивается электроэнергетика, которая представляет собой комплекс энергосистем и организаций, в свою очередь осуществляют ремонтные, реконструкционные, проектировочные и строительные работы объектов электроэнергетики. Министерство энергетики Республики Беларусь является главным органом в управлении энергетическим комплексом. Все задачи, проблемы и функции возложены на государственное производственное объединение электроэнергетики (ГПО) «Белэнерго», которое находится в подчинении Министерства энергетики Республики Беларусь.

Главной задачей энергетической политики государства является:

- снижение затрат на электропотребление
- охрана окружающей среды
- перспектива развития будущего страны в данной области

Государством разработана программа по реализации энергоэффективных мероприятий, которые могут повышать эффективность использования топливно-энергетических ресурсов и снижение энергоемкости валового внутреннего продукта. Эта программа дает возможность повысить в энергетике:

- обновление фондов для надежности работы энергосистемы Беларуси
- использование различных источников энергии (нетрадиционной и возобновляемой)
- уровня энергетической безопасности

В период последних лет была разработана органами власти и правительством Концепция Национальной стратегии устойчивого развития. На основе этого документа в 2003 году был разработан топливно-энергетический баланс на период до 2020 года, в котором раскрываются вопросы по развитию электроэнергетики. По прогнозам специалистов, потребление электроэнергии в 2020 году увеличится до 41 млрд кВт\*ч, сравнивая с 2000 годом этот показатель увеличился на 23%.

В 2020 году был определен прогноз потребления электрической и тепловой энергии исходя из макроэкономических показателей развития народного хозяйства и реализации потенциала энергосбережения. Ожидается уменьшение промышленностью потребления электроэнергии на 15%, а основным потребителям электроэнергии станет коммунально-бытовой сектор. На сегодняшний день основным видом топлива для производства электроэнергии и тепла является природный газ. Однако, из-за увеличения потребления электроэнергетической мазуты (до 4,2 млн. т), угля (1,75 млн. т.), дров (3,7 млн. т.) доля природного газа должны быть снижена на 60% от общего потребления котельно-печного топлива.

В данный момент происходит строительство Белорусской атомной электростанции, но использование атомной энергии в перспективе до 2020 года не предусматривается. На основе параметров перспективы топливно-энергетического баланса определены основные цели дальнейшего развития энергетической системы Беларуси:

- устойчивость и надежность энергообеспечения
- обеспечивая потребности страны в электрической энергии за счет собственных генерирующих источников
- инвестиционная оптимизация в строительство и затрат на энергосистему
- повышение в электроэнергетике технического уровня за счет реконструкции вырабатывающих ресурс действующих объектов энергетики на базе новых технологий
- экономное распределение энергетических ресурсов на производство, транспорт, тепловую и электрическую энергию
- обеспечение отрасли необходимыми инвестиционными ресурсами для дальнейшего развития и совершенствования

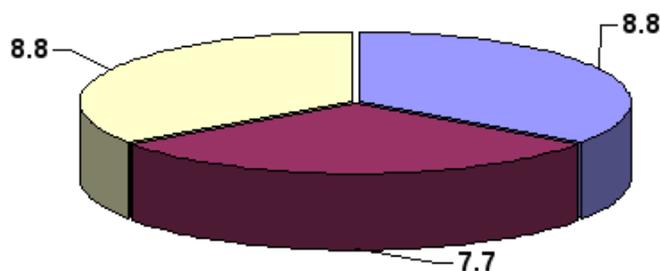


Рисунок 1. Диаграмма генерирующих мощностей 2003 год, МВт

Мощность белорусской энергосистемы составляет 7762 МВт, что достаточно для полного обеспечения потребителей энергией.

Однако, энергетика подвергается повышенному риску из-за морального и физического износа основных и технологических аварий оборудования. Более 55% основного оборудования выработало свой ресурс (70% котлоагрегатов, 65% турбин, 45% стационарных трубопроводов). Поэтому необходимость развития генерирующих источников для нужд республики необходимо оценивать исходя из:

- замещения выбывающих генерирующих мощностей до 2020 года в объеме до 2,5-3,5 млн кВт для поддержания уровня самообеспеченности
- увеличения доли производства электроэнергии на основе теплофикации
- повышения эффективности и маневренности генерирующих мощностей



■ Турбины ТЭС ■ Водогрейные котлы ТЭС ■ Районные котельные

Рисунок 2. Тепловая мощность энергоисточников энергосистемы, Гкал/час

Исходя из прогнозируемой структуры топливного баланса в электроэнергетике республики, где доля использования природного газа к 2020 году составит порядка 65-75%, предпочтение отдано применению наиболее эффективных и экологически чистых парогазовых установок.

Приоритетными проектами в перспективе до 2020 г. являются:

- Завершение строительства газовых надстроек на Березовской ГРЭС мощностью 250 МВт;
- Реконструкция Минской ТЭЦ-3 путем демонтажа первой очереди и строительства теплофикационной ПГУ мощностью 230 МВт с использованием баков аккумуляторов;
- Завершение строительства Минской ТЭЦ-5 энергоблоком ПГУ-450 МВт;
- Надстройка первого энергоблока Минской ТЭЦ-5 газовой турбиной 110 МВт;
- Надстройка энергоблока Т-250 Минской ТЭЦ-4 газовой турбиной мощностью 110 МВт;
- Надстройка энергоблока Т-180 Гомельской ТЭЦ-2 газовой турбиной мощностью 70 МВт;
- Реконструкция турбин энергоблоков Лукомльской ГРЭС и увеличение их мощности на 75 МВт;
- Замена устаревшего оборудования ТЭЦ суммарной мощностью не менее 1100 МВт более совершенными теплофикационными установками;
- Реконструкция котельных путем установки малых паровых турбин и создания мини-ТЭЦ суммарной мощностью около 40 МВт;
- Строительство угольных КЭС с ориентировочной мощностью 600 МВт и ТЭЦ мощностью 100 МВт с современными системами очистки уходящих газов;
- Строительство теплоэлектроцентрали на дровах мощностью порядка 265 МВт;
- Строительство каскадов ГЭС на реках Неман и Западная Двина, малых ГЭС мощностью порядка 210 МВт.

#### Литература

1. Электроэнергетика Беларуси. [Электронный ресурс] URL: <https://studfiles.net/preview/6232218/page:6/>
2. Электроэнергетика Республики Беларусь. [Электронный ресурс] URL: <http://energocis.ru/wyswyg/file/belarus.pdf>
3. Электронный журнал энергетической компании «Экологические системы» Электроэнергетика Республики Беларусь. [Электронный ресурс] URL: [http://journal.esco.co.ua/2011\\_3/art115.htm](http://journal.esco.co.ua/2011_3/art115.htm)

УДК 621.326 + 628.94

**СРАВНЕНИЕ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ И СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП**

Богдан А.А., Захарченко В.Ю.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О.А.

После появления сберегающих ламп человечество начало думать, что лучше лампы накаливания или светодиодные лампы и необходимо ли производить замещение одних другими.

В ходе работы произведено сравнение светодиодных ламп и ламп накаливания по следующим показателям:

1. Светоотдача;
2. Тепловая отдача от изделия;
3. Коэффициент полезного действия;
4. Срок службы;
5. Цена.

При рассмотрении характеристик ламп: вначале производится подсчёт. Важнейший критерий – светоотдача устройства. У ламп накала светоотдача находится в диапазон 8 – 10 Лм/Вт. Что относится к светодиодным, их действительность светоотдачи, как правило, располагается в промежутке 90 – 110 Лм/Вт, хотя бывает, и продукция с интервалом 120 – 140 Лм/Вт. Из значений понятно, что по светоотдаче светодиодные лампы предпочтительнее, нежели лампы накала приблизительно в 7 – 12 раз.

Определить светоотдачу лампы можно поделив ее световой поток (уточняется на коробке в «Лм») на мощность (указывается в «Вт») и в итоге получим искомую значение. К примеру, если световой поток светодиода 10000 люменов, а мощность 250 Вт, светоотдача будет 40 Лм/Вт.

Чтобы уяснить, как это сказывается на сравнении ламп накаливания и светодиодных источников света по мощности, изобразим соответствующую таблицу 1:

Таблица 1-Сравнительная таблицы

Сравнительная таблица			
			
Мощность, Вт	Световой поток, Лм	Мощность, Вт	Световой поток, Лм
25	220	5	250
40	420	6,5	420
60	720	10	760
75	940	12	850
100	1360	21	1500

\*Таблицы сравнения взята из источника [1]

Заметно, что мощность лампы накаливания пятикратно превышает светодиодную и при этом яркость и световой поток остаются почти идентичными.

Следующий, не менее значимый момент сравнения диодов и ламп накаливания – теплоотдача от изделия. Стекло изделие может нагревать вплоть до 240 градусов (чаще

температура колеблется в пределах 160). Именно по этой причине такие колбы являются пожароопасными, и не советуется их применение при монтаже электропроводки в доме, построенном из древесины. Светодиоды в этом аспекте показали себя намного лучше всех существующих разновидностей. Предельная температура их нагрева не превосходит пятидесяти градусов, а это дает возможность использовать их в помещениях любого типа.

Коэффициент полезного действия) тоже стоит принимать во внимание при рассмотрении различных моделей. Этот показатель оценивает, какое количество энергии переходит в свет, а какое в тепловую (основная причина нагрева стекла). У светодиодов КПД достигает 90%, а это весьма высокий показатель, если сравнивать с лампами накаливания, у которых в свет преобразуется только 6 – 8% электричества. В настоящее время светодиоды имеют хорошую яркостью, что нельзя сказать о светодиодах минувших лет, которые имели небольшую яркость – значительно ограничивалось их использование.

Величина срока службы – критерий, являющийся существенным показателем преимущества светодиодов по сравнению с лампами накала. Исследуемые источники света способны прослужить свыше 45000 часов, как заявляют разработчики. У ламп накала срок службы обычно не превосходит тысячи часов, что в 45 раз меньше, нежели у светодиодов. В экономическом понимании выгоднее один раз занять подороже, но долговечную лампочку, нежели каждые пару месяцев менять дешевую.

Выбор качественных ламп со светодиодами дает возможность сберечь деньги. Главным преимуществом такого освещения является отсутствие подозрительных элементов. Важной стороной является значение потребляемой электроэнергии, а оно на порядок меньше, нежели у ламп накала.

Также имеется своя особенность. Преимущественные показатели долгой службы светодиодов оказываются неточными. Проблематика в том, что часть элементов с течением времени деградируют – утрачивают яркость, впоследствии почти 1600 дней вы уже не будете в восторге от того освещения, кое имелось после покупки.

Ну и самый занимательный вопрос, интересующий людей, насколько выигршно покупать светодиодные лампы - они значительно дороже.

В настоящие дни во всемирной сети возможно найти уйму аннотаций, которые отрицают или защищают экономичность светодиодных ламп. Низшей ценой хорошей диодной лампочки являются 8 бел. р., в тот же момент у ламп накаливания стоимость 0,6 – 1 бел. р. Здесь стоит самому проанализировать, что имеет преимущество – длительный период службы и прекрасные параметры результативности, или же доступность и чрезмерная переплата. Теперь допустимо проделать сопоставление по экономии средств – мощь у диодов в 6 – 9 раз меньше, расценка в 10 раз выше.

По продолжительности работы и без проведения подсчетов реально познать, что выгоднее занять светодиоды. Сверка ламп по экономичности представлена на рисунке 1:



Рисунок 1. Сравнение ламп по энергопотреблению

\*Изображение взято из источника [1]

### Литература

1. <https://samelectrik.ru/sravnivaem-lampy-nakalivaniya-i-svetodiodnye-kakie-luchshe.html>
2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Лампа\\_накаливания#Принцип\\_действия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лампа_накаливания#Принцип_действия)
3. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиодная\\_лампа](https://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиодная_лампа)
4. <https://hi-electric.com/the-lamp-power-is-6-volts-we-choose-led-lamps-for-the-house/>
5. [https://electric-220.ru/news/ustrojstvo\\_i\\_princip\\_raboty\\_svetodiodnoj\\_lampy/2017-02-12-1178](https://electric-220.ru/news/ustrojstvo_i_princip_raboty_svetodiodnoj_lampy/2017-02-12-1178)

УДК 811.111: 625.7 |313|

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ДОРОГА

Твердунова А.Д.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О. А.

В настоящее время электромобили находят всё большее признание в мире. Это не удивительно, ведь они абсолютно экологичны, чего не скажешь об обычных автомобилях. Также, Вы потратите меньше средств на зарядку своего электрокара. Однако, одним из неприятных изъянов в период использования электромобилей является проблема их подзарядки на зарядных станциях, ввиду их малого количества. Также, электрические батареи имеют большие размеры, высокую стоимость и их мощности недостаточно для больших расстояний. Но в скором времени подзарядка батарей будет осуществляться беспроводным способом прямо во время передвижения по уникальной электродороге. Израильские инженеры разработали систему, которая сделает возможной подзарядку электрических транспортных средств во время движения. Производить подзарядку электрических автомобилей непосредственно при передвижении будет уникальная электрифицированная дорога, передающая энергию беспроводным методом. И в ближайшем времени дебютная дорога представится вследствие работы сотрудников израильской компании Electroad. Компания «Electroad» была основана в 2013 году с целью проложения пути к зеленому миру с помощью электромобилей. Команда уже провела благополучные тестирования технологии и будет подвергать испытанию электрифицированные дороги на одном из рейсов общественного автобуса в Тель-Авиве.

Ведущая идея израильских инженеров - уменьшение вредных выбросов: технология электрической дороги должна быть более действенным и экологическим способом для передвижения. Технология Electroad основывается на методе, который базируется на принципе электромагнитной индукции (основное физическое явление, лежащее в основе беспроводных зарядок для смартфонов и зубных щеток) для питания электрокаров во время их передвижения. Несмотря на то, что подобные компании, такие как Qualcomm и KAIST также специализируются на беспроводных зарядках электрических автомобилей, генеральный директор Electroad Орен Эзер, подтверждает, что их смысл тот же, но исполнение - иное.

Орен Эзер – главный исполнительный директор компании Electroad, говорит, что для установки данной дороги используются только медь и резина. Всего за полдня можно модифицировать километр дороги. Прокладка дороги реализуется с помощью специальной асфальтной фрезы, которая снимает 8-сантиметровый слой асфальта. Вторая фреза помещает полосы беспроводной зарядки и наполняет обратно траншею асфальтом. Катушки, которые установлены под поверхностью дороги, гарантируют действенную работу системы беспроводной передачи энергии при толщине воздушного зазора всего 24 сантиметра. Работа такой технологии устроена так, что радиация сведена к минимуму, так как катушки местно экранированы от людей, находящихся в автомобиле, что делает такую систему надежной для здоровья. Электрическую дорогу снабжает электроэнергией сеть "умных" преобразователей-инверторов, способных обмениваться информацией друг с другом в режиме реального времени.

"Электроэнергия будет подаваться из возобновляемых источников энергии и затем подаваться по дороге. Эту идею, по праву, можно считать удачной, - говорит Эзер. – Стоимость батареи для электрического автобуса составляет 300 000 \$ и имеет вес 5 тонн. Если изъять батарею, вес электрического автобуса уменьшится и снизится количество потребляемой энергии. Данный способ является очень практичным. Если сравнить его с дизельными автобусами, то он будет вдвое дешевле. При введении данной системы в рамках общественного транспорта - можно сохранить большее количество денег, а затем начать применять её в такси и трамваях. Окупаемость данной технологии - очень быстрая".

Инженеры-разработчики Electroad уже произвели несколько проверок, которые подтверждают пригодность данной технологии. Дальнейшим этапом развития проекта является формирование «электрифицированного» участка дороги в Тель-Авиве, по которому смогут рейсировать электрические автобусы по одному из городских маршрутов. В случае благополучного использования уникальной дорожной системы беспроводной зарядки электробусов, она захватит и другие дороги общего назначения.

Система, разработанная Electroad, называется DWPT (Dynamic Wireless Power Transfer) и главным ее преимуществом, за вычетом прямой беспроводной подзарядки, является допустимость взаимобмена энергией между всеми электрическими транспортными средствами, движущихся по данной дороге. В свою очередь, использование уникальной беспроводной технологии не предполагает крупных перемен в данной инфраструктуре, а снабжение требуемым оснащением транспорта не является затруднительным.

Стартап Electroad сперва планирует захватить своей технологией зону общественного транспорта. И уже после этого данная системы станет доступна для ее применения в рамках частных электрических автомобилей. Известно, что система беспроводной подзарядки ранее была испытана в лабораторных условиях компанией-разработчиком на 20-метровом экспериментальном участке дороги, который располагается недалеко от компании. Такой эксперимент может стать реальной заменой затратным накопительным системам и сделать общественный транспорт еще более выгодным. По прогнозам специалистов компании, электрические автобусы после удаления громоздких батарей будут иметь меньшую стоимость, по сравнению со своими аналогами, и затрачивать меньшее количество электроэнергии вследствие колоссального уменьшения веса.

Если система ElectRoad приобретет масштабное распространение, будущим обладателям электрических автомобилей, вероятно, никогда не придется думать о том, как и где подзарядить свой автомобиль. Совсем недавно инвестиционная компания, занимающаяся финансированием новых идей, Biomedix Incubator Limited объявила о заинтересованности в покупке компании ElectRoad, а в декабре подписала контракт с компанией Dan Bus. Если сделка пройдет успешно, компания Dan Bus произведет вклад в ElectRoad в размере 8 миллионов израильских шекелей (около 2,2 миллиона долларов). Согласно данным Globes, «соглашение с Dan включает в себя первоначальные инвестиции в 3,1 млн. шекелей и опционы на акции Biomedix на сумму 5 млн. шекелей при стоимости компании в 90 млн шекелей».

А в дальнейших планах Эзер хочет перевести весь электрический транспорт в Израиле на систему беспроводной подзарядки при движении. Помимо этого, стартап Electroad выиграла тендер на испытания от Европейского Союза, поэтому такие электрифицированные дороги могут вскоре появиться не только в Израиле, но и в некоторых европейских странах. Стоит отметить, что сотрудники холдинга Electroad стоят на пороге открытия новой технологии, позволяющей объединить их систему беспроводной зарядки с системой получения энергии из возобновляемых источников.

### Литература

1. DailyTechinfo [Электронный ресурс]: В Израиле начато строительство первой в мире дороги. – Режим доступа: <https://www.dailytechinfo.org/auto/8822-v-izraile-nachato-stroitelstvo-pervoy-v-mire-dorogi-kotoraya-budet-zaryazhat-batarei-elektricheskogo-transporta-vo-vremya-dvizheniya.html>. - (дата обращения: 20.04.2018).
2. EcoTechnica [Электронный ресурс]: Дорогу, заряжающую электромобили на ходу беспроводной передачей энергии, построит в Израиле Electroad. – Режим доступа: <https://ecotechnica.com.ua/technology/1950-dorogu-zaryazhayushchuyu-elektromobili-na-khodu-besprovodnoj-peredachej-energii-postroit-v-izraile-electroad.html>. - (дата обращения: 20.04.2018).
3. Electroad [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.electreon.com/> - (дата обращения: 20.04.2018).

УДК 621.3

## СОВМЕСТНАЯ РАБОТА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ С ЭНЕРГОХРАНИЛИЩАМИ

Пестрак А.В., Страчинский С.И.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О. А.

"Зеленая" энергетика бурно развивается во всем мире. И сейчас никого не удивить солнечной или ветряной электростанцией и все прекрасно понимают какую большую значимость они имеют в настоящее время. Возобновляемые источники энергии это, конечно, хорошо, но что делать ночью солнечной электростанции или ветряной электростанции в безветренный день. Пользы от таких электростанций в этом случае никакой нет. Поэтому все чаще можно услышать такое слово как энергохранилище (energy storage).

Само энергохранилище представляет собой что-то похожее на контейнер для грузоперевозок, а внутри этого контейнера находятся множество аккумуляторов. Наибольшее признание в данный момент получили электрохимические хранители электрической энергии, а именно литий-ионные батареи, в которых конверсия химической энергии в электрическую при разряде аккумулятора происходит при помощи химической реакции. Химическая реакция при зарядке аккумулятора проходит в обратном направлении. Количество таких «контейнеров» может варьироваться от одного до нескольких десятков. И эти энергохранилища синхронизированы с электростанцией и сетью. [1]

Хранилище имеет множество преимуществ. Главная задача энергохранилища — это мощностной баланс в режиме реального времени для поддержки постоянной частоты сети. То есть если произойдет снижение частоты с 50 Гц, скажем, до 49, то электроэнергия из хранилища может в кратчайшие сроки вернуть обратно в нормальный режим работы. Далее, энергохранилище позволяет накапливать избыточную электроэнергию в течении солнечного дня, если это солнечная электростанция, или ветряного дня, если это ветряная электростанция, и бесперебойно давать электричество потребителям, если станция не способна производить электроэнергию. Следующим преимуществом аккумулирующего комплекса является то, что он позволяет значительно повысить гибкость и надежность управления в часы пиковых нагрузок энергосистемой.



Рисунок 1. Аккумуляторные батареи Tesla Powerwall для частных домохозяйств

Энергохранилище можно использовать как для резервирования систем энергоснабжения, так и для промышленных энергопредприятий, как это делают в Калифорнии или на Гавайях, а можно использовать в частных домохозяйствах для оптимизации потребления электричества. Они запасают энергию в часы, когда электричество дешевое (или, если дом оснащен солнечными батареями — когда светит солнце), и тратят его во время пиковых нагрузок. А в

Австралии сделали ещё лучше: жителям частных домов бесплатно установили солнечные батареи, и по низкой цене продали аккумулирующие комплексы, тем самым позволив им накапливать электроэнергию, а избыток продавать в энергосистему. Следующим плюсом такой «большой» батареи является то, что она может применяться как защита от прекращения подачи в городской сети электропитания. Также, в некоторых государствах ночной тариф на электроэнергию существенно ниже, чем дневной, что позволяет экономить, если заряжать батареи ночью, а питать от них жилище днем [2].

Фирмы, которые занимаются разработкой, монтажом и технической поддержкой подобных энергохранилищ – это Greensmith, Powerpack, Enel Green Power, Tesla.

Таким образом, подобные установки – отличная перспектива развития энергосистемы будущего.

### Литература

1. Н. Белкин, Tesla достроила в Австралии самую большую батарею в мире/ Белкин Л [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://hitech.vesti.ru/article/691548/>.
2. Tesla Powerwall [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Powerwall](https://ru.wikipedia.org/wiki/Tesla_Powerwall).

УДК 621.182.13-15

## УСТРОЙСТВА АВАРИЙНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ ГАЗОВЫХ КОТЛОВ

Дубинчук Ю.Д., Елисеенко Е.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

В последнее время стоимость централизованного отопления растет, а качество предоставляемых услуг не всегда отвечает установленным нормам. В качестве выхода из положения многие жители сделали для себя выбор в пользу индивидуального отопления, в основе которого лежит котел и независимая разводка труб по жилищу. Для хозяев важно приобрести устройство с максимальной эффективностью и теплоотдачей при низкой стоимости на отопление. Наибольшей популярностью пользуются одноконтурные и двухконтурные газовые котлы отечественного и импортного производства.

Современные газовые котлы – это сложные электротехнические устройства. Они практичны для нагревания воды, при помощи подведенного газа, которая, будет согревать

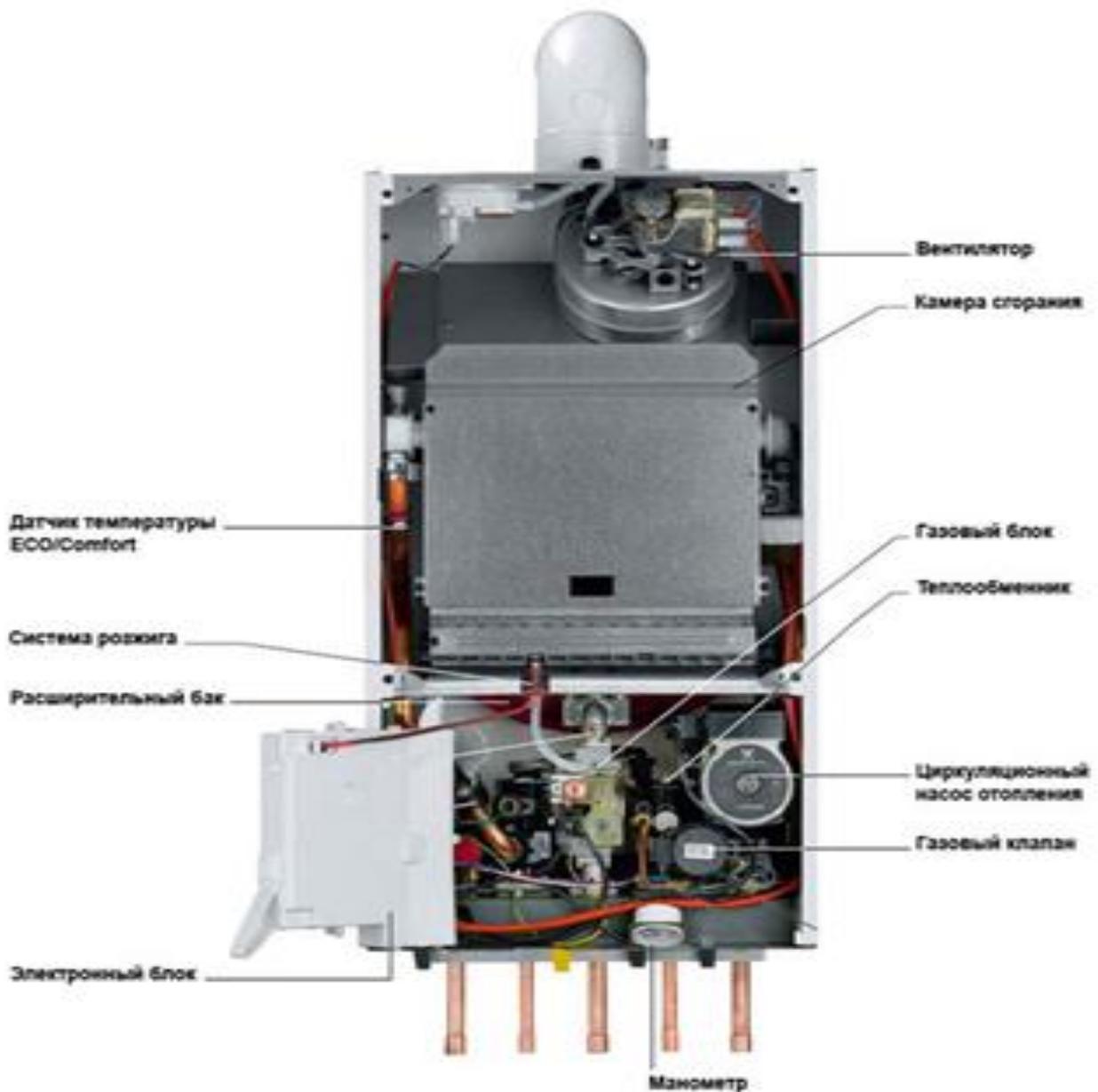


Рисунок 1. Газовый котел

помещения проходя через радиаторы, а также поступать к кранам горячей воды. Газовые котлы бывают настенными и напольными, атмосферными и турбированными. В независимости, имеет ли оборудование один контур или два, каждый снабжен довольно сложной электрической схемой, отвечающей за многие его функции. Обрести максимальную эффективность и теплоотдачу при низкой стоимости отопления.

Рассмотрим принцип работы газовых котлов, показанный на рисунке 1. Круговая подача теплоносителя в системах отопления поддерживается циркуляционными насосами. Некоторые котлы имеют системы повышения давления в камеру сгорания и удаления продуктов сгорания на основе электрических вентиляторов, а также микропроцессорных блоков управления.

За температурой воздуха в квартире следит термостат. Когда температура падает, включается режим «Отопление», начинает циркуляционный насос, перекачивая теплоноситель через отопительную сеть. После открывания газового клапана зажигается горелка. Энергия, обусловленная сгоранием газа, нагревает теплоноситель в теплообменнике. Манометр и термометр управляют индексами теплоносителя. Работа всего устройства контролируется электронным блоком управления.

Частота является критичной для работы циркуляционного насоса (асинхронный двигатель) газового котла. Форма питающего напряжения – важная характеристика, которая должна быть всегда синусоидальной. Даже малое отклонение от синусоиды способствует появлению гармонических колебаний более высокой частоты. Как результат будет перегрев насоса, снижение его мощности и, соответственно, КПД.

Наличие нулевого провода сети способствует нормальной работе системы розжига и контроля горения газового котла. Иначе цепь ионизационного электрода горелки выдает ошибочный сигнал и запрещает розжиг и отключает подачу газа.

Перебои в подаче электроэнергии газовых котлов могут вызвать сбои в микропроцессоре управления. «Зависание» микропроцессорных устройств и нарушение работы программного обеспечения достаточно распространенные проблемы. Некоторые модели газовых котлов не могут нормально восстановить работу после перебоев в электропитании. Также частые отклонения величины напряжения могут послужить причиной аварии (перегорание предохранителей, силовых элементов блока питания и т.д.). Для сглаживания таких отклонений применяются стабилизаторы, задачей которых является приведение к норме напряжения на выходе блока вне зависимости от входного параметра. Используемые сети электропитания переменного тока далеки от идеала. Чаще всего причиной сбоев электронных устройств является источник питания вне сети. Частично эта проблема может быть решена за счет использования устройств для улучшения качества электропитания, например, в качестве автоматических регуляторов напряжения.

В то же время случаи полного отсутствия электроэнергии нередки. В этом случае необходимо обеспечить электроснабжение особенно важных систем газового котла. Самый совершенный стабилизатор не способен защитить аппаратуру даже от самых кратковременных пропаданий электроэнергии. Подобные проблемы решаются при помощи устройств бесперебойной подачи питания.

ИБП целесообразны при кратковременных пропадающих питания, длительностью от нескольких минут, до нескольких часов. Дальнейшее увеличение времени работы требует пропорционального увеличения емкости аккумулятора. При разряде его напряжение падает, и он отдает больший ток для обеспечения необходимой мощности, то есть реальная емкость должна быть еще больше. Полностью разряженный аккумулятор требует большого времени на подзарядку, в течении которого система отопления будет неработоспособна.

Существует три основных типа источников бесперебойного питания – *Off-Line*, *On-Line* и *Line-Interactive*.

В обычном режиме работы ИБП *Off-Line* типа питание подается с отфильтрованным напряжением первичной сети. Но когда параметры входного напряжения выходят за пределы заданного диапазона, устройство переключается в режим работы от батареи, независимо от наличия напряжения в сети или нет. Поэтому они применимы лишь в сетях со

стабильным качеством электрической энергии. Недостатком же является слабая защита от напряжения превышение и понижений допустимых значений, изменение форм и частоты входного напряжения. Также из-за большого разброса напряжения в сети, полноценное использование автономных ИБП возможно только совместно с дополнительным автоматическим регулятором напряжения.

В нормальном режиме работы ИБП *On-Line* (ИБП двойного преобразования) сетевое напряжение выпрямляется, а затем преобразуется в прямое напряжение для зарядки аккумулятора и подачи питания на выходной каскад. Когда напряжение сети достаточно, выходной каскад преобразует прямое напряжение в синусоидальное напряжение 220 В. Качество питания и надежность работы такого устройства значительно выше по сравнению с предыдущим типом. Его недостатками являются низкий коэффициент эффективности по сравнению с другими типами ИБП из-за двойной трансформации, высокая стоимость и небольшой ресурс батареи. Такие ИБП в основном используются для поддержания работы серверов и маршрутизаторов в корпоративных сетях.

ИБП *line-interactive* (линейно-интерактивные) объединяют преимущества и, минимизируют недостатки бесперебойных источников питания предыдущих типов, например, когда параметры входного напряжения выходят за пределы рабочего диапазона, а также напряжение отсутствует в течение короткого или длительного времени, питание подается от батареи (батареи), которая обеспечивает непрерывность источника питания. Различают два типа ИБП *line-interactive*: с выводом приближенной синусоиды (подходит только для устройств с импульсными блоками питания) и более унифицированные с синусоидой правильной формы, которая может работать с устройствами, критическими к форме входного тока (с трансформаторами, двигателями, компрессорами и т.д.). ИБП линейно-интерактивного типа является наиболее оптимальным выбором для бесперебойной системы электроснабжения, основанной на цене, потребительских свойствах, коэффициенте эффективности и ресурсе (ресурсах) батареи (батареи).

Таким образом, система бесперебойного питания предназначена для обеспечения электрической энергии подключенного к ней электрического оборудования, включая отсутствие напряжения в сети электропитания. Стабилизатор напряжения, встроенный в ИБП, позволяет получить качественный источник питания, как при низком, так и при высоком напряжении в сети, а также защитит подключенные устройства или приборы от помех и скачков напряжения в сети.

УДК 656.19

## СОВРЕМЕННЫЕ НОВИНКИ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА: БЕЗРЕЛЬСОВЫЙ И БЕСПИЛОТНЫЙ ТРАМВАЙ

Гук Ю. А.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

В современном мире развитие технологий происходит с огромной скоростью. Различные компании и предприятия стремятся создать что-то лучшее, более комфортное, компактное, технологичное, привлекательное. Ежедневно или изобретаются новые устройства и девайсы, или совершенствуются уже имеющиеся. Люди по-разному относятся к новым изобретениям. Однако очевиден тот факт, что развитие неизбежно, несмотря на то, как мы к нему относимся. Развитие технологий получило популярное название научного прогресса. Данный случай мы можем наблюдать повсеместно, во всех сферах человеческой жизни. Научный прогресс не обошел стороной и отрасль общественного транспорта.

Новый трамвай представляет собой гибрид трамвая, автобуса и беспилотного автомобиля. Как автобус, он может передвигаться по обычной городской асфальтной дороге, как трамвай – модульность, то есть способность прицеплять и отцеплять дополнительные вагоны в зависимости от маршрута и количества пассажиров. Каждый вагон способен вмещать до сотни пассажиров. Аналогично беспилотному автомобилю, представленный трамвай не имеет нужды в водителе, и передвигается по городу по дорогам со специальной разметкой. Для этой цели новые трамваи снабжены установленными специальными сенсорами для сбора информации об окружающей обстановке, например, на дорожное полотно, разметку, бордюры, транспортный поток, пешеходов и, конечно, дорожные знаки. Общая работа множества компьютеров и датчиков надёжнее любого самого профессионального водителя и машиниста. Компьютер не может устать, уснуть, отвлечься или банально случайно не заметить, а своевременное обслуживание искусственного интеллекта сводит погрешность его работы к нулю.

Как и для любой новинки, новейшие трамваи имеют свои достоинства и недостатки, рассмотрим некоторые из них. К достоинствам можно отнести следующее:

- Возможность беспилотного управления. По замыслу создателей, данный транспорт может двигаться без участия водителя. Однако, в ближайшее время, в целях безопасности, а также на время испытаний, все трамваи пока управляются человеком, о чем свидетельствует кабина машиниста и органы ручного управления.

- Способность передвигаться по обычной городской асфальтной дороге, экономя тем самым время и стоимость строительства рельсовых магистралей.

- Модульность, то есть способность прицеплять и отцеплять дополнительные вагоны в зависимости от маршрута и количества пассажиров.

- Вместимость, каждый вагон способен вмещать до сотни пассажиров. Возможность совмещать до трёх вагонов в один состав.

- Новый транспорт полностью электрический, а, следовательно, экологически чистый, что положительно скажется на окружающей среде и чистоте городского воздуха, что также является немаловажным фактором.

- Достаточно немалый запас хода на одной подзарядке. Так на 10-минутной подзарядке он способен проехать до 25 км, а на одном полном заряде может преодолеть до 40 км.

- По мнению создателей, новый трамвай намного выгоднее и дешевле, чем строительство метрополитена, стоимость которого оценивается около \$102 млн на 1 км, или проектировка и создание целой рельсовой трамвайной инфраструктуры.

Учитывая все достоинства, не будем забывать и о не совсем приятных моментах. Некоторые пункты невозможно рассматривать как абсолютные плюсы или минусы, поэтому рассмотрим данные с обеих сторон. Так, к недостаткам отнесем следующие моменты:

- К первому недостатку можно отнести его стоимость, в сравнении с более привычными нам аналогами, особенно отечественного производства, разница в цене

довольно ощутимая. Строительство одного трамвая обойдётся разработчикам в \$2 млн. Однако эта стоимость не сильно удивит импортные вагоностроительные предприятия, цена продуктов которых может даже превышать данную.

- Следующий пункт - возможность беспилотного управления также под вопросом. Пусть научный прогресс и шагнул далеко, но доверие людей к нему не слишком впечатляет. На сегодняшнее время беспилотное управление тестируется и проектируется множеством ведущих компаний, однако желаемый результат достигается не всегда и очень нечасто. Поэтому, в ближайшее время, в целях безопасности, а также на время испытаний, все трамваи пока управляются человеком, о чем свидетельствует кабина машиниста и органы ручного управления.

- Как и весь современный электротранспорт, новый трамвай унаследовал один из важнейших вопросов и недостатков, это запас хода. Хотя 40 км в чертах города — это не малый отрезок пути, хотелось бы больше, особенно глядя на новейшие системы для современных автомобилей и электробусов.

Конечно, положительных моментов больше, чем недостатков, чем может похвастаться не всякая новая разработка. Мы пока имеем возможность только додумывать и представлять, как и чем обернется для нас новые технологии и разработки, насколько близко мы подружимся с искусственным интеллектом, и какую роль научный прогресс будет занимать в нашей жизни. Поэтому будем следить за развитием науки и техники с еще большим интересом.

#### Литература

1. Первый в мире “умный” трамвай заработал в Китае [Электронный ресурс]/ - Режим доступа: <https://ecotechnica.com.ua/transport/2781-pervyj-v-mire-bezrelsovyj-umnyj-tramvaj-zarabotal-v-kitae.html>
2. Безрельсовый транспорт [Электронный ресурс]/ - Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Безрельсовый транспорт](https://ru.wikipedia.org/wiki/Безрельсовый_транспорт)
3. Система автономных безрельсовых трамваев запущена в Китае [Электронный ресурс]/ - Режим доступа: <https://www.abw.by/novosti/commercial/204402/>

УДК 621.3

## УГЛЕРОДНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Дячёк О.А.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Ежов В.Д.

Литий-ионные и литий-полимерные аккумуляторы все еще остаются самыми популярными. Их используют повсеместно: в телефонах, различных гаджетах, даже в батареях для электромобилей. Но они не лишены недостатков, иначе бы замену никто не искал. Поиском замены занялась молодая американско-японская компания Power Japan Plus, которая работает над созданием нового типа аккумуляторов, использующих для анода и катода материал, который создатели называют carbon (углерод). Новые батареи назвали Ryden (Ryden dual carbon battery).



Рисунок 1. Батарея Ryden

Углерод, для батарей получают из хлопка, кофейных зерен и бамбука. Поэтому батареи являются полностью экологически чистыми. Здесь не используются редкоземельные и тяжелые металлы, таким образом, батареи целиком поддаются вторичной переработке. На данный момент это лучший способ хранения электрической энергии. Изобретатели утверждают, что новые батареи на основе углерода будут заряжаться быстрее своих литий-ионных аналогов. Скорость зарядки почти в двадцать раз быстрее обычного. Представьте себе смартфон, который можно полностью зарядить за 5-6 минут, при этом о вопросе смены батареи в будущем можно вовсе не задумываться.

### Углеродный аккумулятор



### Li-Ion аккумулятор

Рисунок 2. Скорость зарядки углеродного и литий-ионного аккумулятора

Taisan Team летом 2014 протестировали новые батареи на электрическом гоночном автомобиле, и результаты превзошли все ожидания. Легкий аккумулятор Ryden не перегревался вовремя гонки, и водителю вообще не нужно было останавливаться или сбрасывать скорость при достижении электролитом аккумулятора опасной температуры. То есть аккумулятору на основе «двойного углерода» громоздкая система охлаждения не требуется в принципе.



Рисунок 3. Тесты на гоночном автомобиле

По данным компании Power Urban Plus, их технология позволяет зарядить аккумулятор с ёмкостью 24 кВт/час на Nissan Leaf всего за 12 минут вместо четырех часов. Сравнительный анализ показывает, что аккумулятор для Tesla Model S ёмкостью в 85 кВт/час будет заряжен за 42 минуты. Номинальное напряжение одной ячейки углеродного аккумулятора составляет 4 вольта, а у литий-ионного 3 В. Рабочий ресурс на 50% выше лучших литиевых аналогов – 3000 против прежних максимально достижимых 2000 циклов зарядки – разрядки.

Преимущества: в производстве углеродных батарей отсутствует такой компонент, как окись лития и другие редкоземельные элементы. Утилизация батарей не вызывает никаких трудностей, она допускает вторичную переработку, что делает такую технологию безотходной. В составе литий-ионных батарей присутствуют тяжелые металлы и редкоземельные элементы, которые опасны для здоровья человека и животных, а также окружающей среды. Для утилизации требуется необходимо специальное оборудование.

При работе углеродных батарей отсутствует нагрев, что позволит не создавать систем охлаждения, обязательных для современных электромобилей. Любой литий-ионный аккумулятор имеет потенциал возгорания. Как правило, батарейки загораются из-за короткого замыкания внутри.

Литий-ионные АКБ нужно беречь от ударов, повреждений и сильной вибрации, при установке на электротранспорт подкладывать мягкую прослойку. Углеродные аккумуляторы не чувствительны к короткому замыканию и повреждениям.

Первоначально данные аккумуляторы должны появиться в медицинской и спутниковой отрасли, а уже в дальнейшем могут распространиться и на потребительские устройства. К слову, использование «углеродных» батарей в автомобилях могло бы дать огромный скачок развитию этого сегмента, так как на подзарядку авто уходило бы на порядок меньше времени.

Со всей очевидностью представляется, что будущее все же за углеродными аккумуляторами. Они будут дешевыми в производстве, не токсичными, безвредными для окружающей среды и для человека.

### Литература

1. Power Japan Plus разрабатывает «углеродные» аккумуляторы, заряжающиеся в 20 раз быстрее обычных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?17/92/86>. – (Дата обращения: 7.04.2018).
2. Созданы углеродные батареи с быстрым циклом зарядки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://radio-rynok.ru/stati/sozdany-uglerodnye-batarei-s-bystryim-ciklom-zaryadki> – (Дата обращения: 7.04.2018).
3. Карбоновые аккумуляторы могут заменить Li-Ion батареи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://novaforces.com/hardware/carbon-accumulators> – (Дата обращения: 7.04.2018).

УДК 629.33(075.8)

## НЕКОТОРЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ЗАЖИГАНИЯ

Лопато П.С., Степуть И.И.

Научный руководитель – старший преподаватель Михальцевич Г.А.

Электронное зажигание зарекомендовало себя исключительно с положительной стороны. Оно позволяет сократить расходы на топливо, а также обеспечивает уверенный запуск двигателя, что особенно актуально при минусовых температурах окружающей среды. Но какие существуют виды такого зажигания? Чем оно особенно?

### Разновидности

Электронное зажигание появилось сравнительно недавно. Транспортные средства в начале их производства оборудовались контактным зажиганием. Оно отличается очень простой конструкцией и относительно длительным эксплуатационным сроком. Однако подобная система имеет весьма значительный минус. Он заключается в подгорании контактов. Также довольно часто происходит износ кулачка, предназначенного для размыкания контактов в первичной цепи автомобильной бабины. Электронное зажигание лишено подобных недочётов. Именно в силу этих причин оно завоевало большую популярность.

Уникальность данного типа зажигания заключается в том, что в нём работой высоковольтной катушки распоряжается электроника (предусмотрен ключ на транзисторах между кулачком и первичной обмоткой бабины). Регулятор положения распределителя зажигания может быть различным.

На сегодняшний день существуют такие его разновидности:

- Регулятор, исполненный по типу однофазного генератора переменного тока. На первый взгляд, может показаться, что это одна из самых замысловатых конструкций. Однако в действительности всё иначе. Постоянный магнит фиксируется на статоре распределителя, пластина из специальной стали с прорезями – на роторе подвижного типа, катушка (регулятор электромагнитного типа) – на корпусе распределителя. Когда ротор вращается, пластина также начинает вращаться. Тем самым она открывает или закрывает магнитное поле, существующее между катушкой генератора и магнитом.
- Специальная контактная пара. Посредством особого кулачка контакты размыкаются. Так было и раньше, ещё до изобретения электронного зажигания. Однако в настоящий момент ток на контактах значительно уменьшился. Благодаря этому удалось продлить эксплуатационный срок изделия. Как результат, нет необходимости часто производить ремонт двигателя по причине неисправности системы зажигания.
- Регулятор Холла. В данном случае всё крайне схоже с регулятором, исполненным по типу однофазного генератора, то есть положение ротора распределителя устанавливается посредством изменения электромагнитного поля. Датчик Холла получил свое название в честь заложённого в основу его работы эффекта Холла (появление напряжения в пластинке из полупроводника под действием магнитного поля). Данный датчик состоит из магнита, стального экрана и пластины, в которую вставлена микросхема, предназначенной для усиления напряжения, появляющегося в пластине. Выходной сигнал на выходе микросхемы может быть аналоговым или цифровым

### Рабочие стадии

Всякая система электронного зажигания функционирует по чёткой схеме:

1. происходит накопление требуемого заряда;
2. совершается высоковольтное преобразование;
3. происходит распределение зажигания;
4. на свечах зажигания образуются искры;
5. смесь возгорается.

На каждой из указанных выше стадий крайне важна точная и слаженная работа системы. Это означает, что при выборе подходящего варианта непременно необходимо ориентироваться на показатели надёжности и долговечности. Специалисты рекомендуют покупать продукцию проверенных временем производителей.

Схема бесконтактной системы зажигания изображена на рисунке 1.

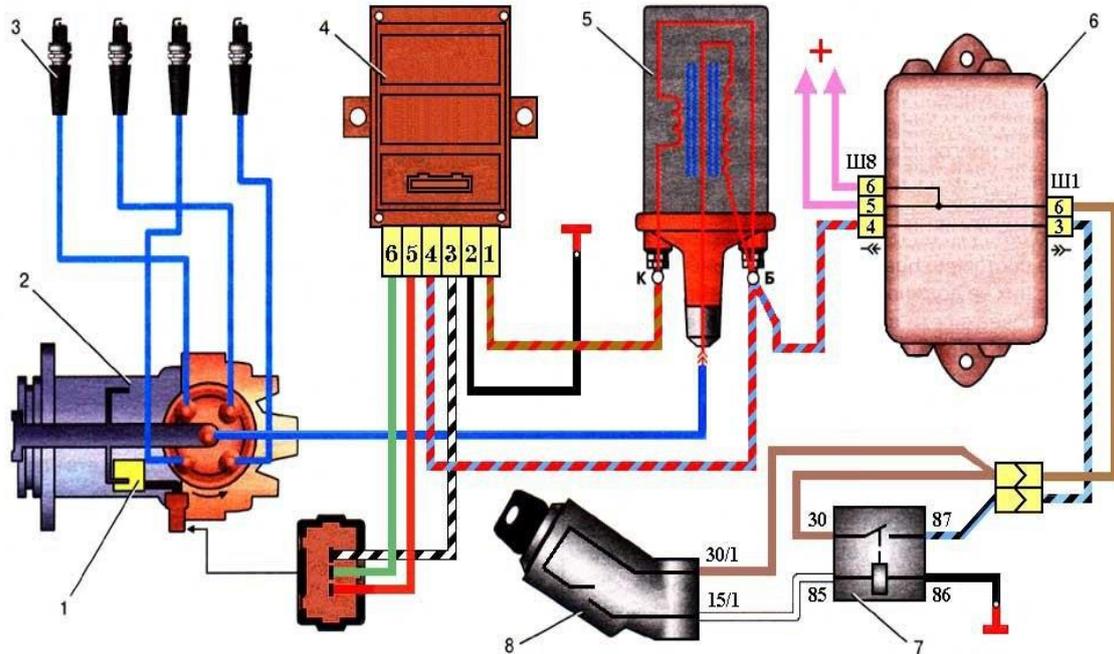


Схема бесконтактной системы зажигания. 1 — бесконтактный датчик; 2 — датчик-распределитель зажигания; 3 — свечи зажигания; 4 — коммутатор; 5 — катушка зажигания; 6 — монтажный блок; 7 — реле зажигания; 8 — выключатель зажигания.

Рисунок 1. Схема бесконтактной системы зажигания

УДК 621.3.077

## СЕРВОПРИВОД

Клянченко И.А. Мышковец М.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т.Е.

Сервопривод, или следящий привод — механический привод с автоматической коррекцией состояния через внутреннюю отрицательную обратную связь, в соответствии с параметрами, заданными извне.

Сервоприводом является любой тип механического привода, имеющий в составе датчики, контролирующие положение исполнительных органов, и блок управления приводом, автоматически поддерживающий необходимые параметры на датчике согласно заданному внешнему значению.

### 1. Состав сервопривода

- Привод (электродвигатель с редуктором или пневмоцилиндр),
- Датчик обратной связи (датчик угла поворота выходного вала редуктора),
- Блок питания и управления (преобразователь частоты, инвертор).
- Датчик управляющего сигнала (может быть в составе блока управления).

Простейший блок управления электрического сервопривода может быть построен на схеме сравнения значений датчика обратной связи и задаваемого значения, с подачей напряжения соответствующей полярности, через реле, на электродвигатель. Более сложные схемы на микропроцессорах могут учитывать инерцию приводимого элемента и реализовывать плавный разгон и торможение электродвигателем для уменьшения динамических нагрузок и более точного позиционирования (например, привод головок в современных жёстких дисках).

Для управления сервоприводами или группами сервоприводов можно использовать специальные ЧПУ-контроллеры, полученные на базе программируемых логических контроллеров.

### 2. Сравнение с шаговым двигателем

Шаговый двигатель - пример варианта точного позиционирования приводимых элементов без датчика обратной связи. В этом случае схема управления отсчитывает необходимое количество импульсов (шагов) от положения. Точное позиционирование обеспечивается параметрическими системами с отрицательной обратной связью, которые образуются взаимодействующими между собой соответствующими полюсами статора и ротора шагового двигателя. Сигнал задания для соответствующей параметрической системы формирует система управления шаговым двигателем, активизирующая соответствующий полюс статора.

Электрический сервопривод имеет следующие преимущества перед шаговым двигателем:

- не предъявляет особых требований к электродвигателю и редуктору;
- гарантирует максимальную точность, автоматически компенсируя механические и программные сбои;
- обеспечивает неотложное выявление отказа привода (по механической части или электронике);
- большая возможная скорость перемещения элемента (у шагового двигателя наименьшая максимальная скорость по сравнению с другими типами электродвигателей);

### Недостатки в сравнении с шаговым двигателем

- необходимость в дополнительном элементе — датчике;
- блок управления требует обработки результатов датчика и выбор управляющего воздействия, а в основе контроллера шагового двигателя — счётчик импульсов;
- сервоприводы - дороже шаговых.

### 3. Виды сервопривода

#### 1. Сервопривод вращательного движения

- Синхронный
- Асинхронный

Синхронный сервопривод — позволяет точно задавать угол поворота (с точностью до угловых минут), скорость вращения, ускорение. Разгоняется быстрее асинхронного, но значительно дороже.

Асинхронный сервопривод — позволяет точно задавать скорость, даже на низких оборотах

2. По принципу действия

- Электромеханический
- Электрогидромеханический

У электромеханического сервопривода движение формируется электродвигателем и редуктором.

У электрогидромеханического сервопривода движение формируется системой поршень-цилиндр. У данных сервоприводов быстрдействие на порядок выше в сравнении с электромеханическими.

### Серводвигатель

Серводвигатель — сервопривод с мотором, предназначенный для перемещения выходного вала в положение задаваемое управляющим сигналом и автоматического активного удержания этого положения.

Серводвигатели применяются для приведения в движение устройств, управляемых поворотом вала — как открытие и закрытие клапанов, переключатели и так далее.

Важными характеристиками сервомотора являются динамика двигателя, равномерность движения, энергоэффективность.

Серводвигатели широко применяются в промышленности, например, в металлургии, в станках с ЧПУ, пресси-штамповочном оборудовании, автомобильной промышленности, тяговом подвижном составе железных дорог.

В основном в сервоприводах использовались 3-полюсные коллекторные двигатели, в которых тяжелый ротор с обмотками вращается внутри магнитов.

Первое усовершенствование, которое было применено — увеличение количества обмоток до 5. Таким образом, вырос вращающий момент и скорость разгона. Второе усовершенствование — это изменение конструкции мотора. Стальной сердечник с обмотками очень сложно раскрутить быстро. Поэтому конструкцию изменили — обмотки находятся снаружи магнитов и исключено вращение стального сердечника. Таким образом, уменьшился вес двигателя, уменьшилось время разгона и возросла стоимость.

Серводвигатель – это двигатель, предназначенный для работы в широком диапазоне скоростей, обеспечивающий улучшенную плавность хода, пониженные вибрацию и акустические шумы. Как правило, в его состав включен датчик позиции или скорости. Управление серводвигателем происходит с помощью преобразователя частоты (инвертора). Главное отличие серводвигателя от обычного двигателя в том, что он может управляться по скорости, моменту и положению, соответственно серводвигатель возможно использовать для задач позиционирования, слежения, контурной обработки и т.д.

Основным аспектом функционирования серводвигателей является условия его работы в рамках системы G-кодов, то есть команд управления, содержащихся в специальной программе. Сервомоторы функционируют во взаимодействии с преобразователями, которые изменяют величину напряжения на якоре или на возбуждающей обмотке двигателя, исходя из уровня входного напряжения. Обычно управление всей системой производится с помощью стойки ЧПУ. При получении команды из стойки пройти определенное расстояние вдоль координатной оси X, в субблоке цифрового аналогового преобразователя стойки создается напряжение некоторой величины, которое передается для питания привода указанной координаты. В сервомоторе начинается вращение ходового винта, с которым связан энкодер и исполнительный орган станка. В первом происходит выработка импульсов, подсчитываемых стойкой. Программа предусматривает, что некоторое количество сигналов с энкодера соответствует определенному расстоянию прохождения исполняющего

механизма. При получении нужного количества импульсов аналоговый преобразователь выдает нулевое значение выходного напряжения, и сервомотор останавливается. В случае смещения под внешним воздействием рабочих элементов станка на энкодере формируется импульс, обчитываемый стойкой, на привод подается напряжение рассогласования, и якорь двигателя поворачивается до получения нулевого значения рассогласования. В результате обеспечивается точное удержание рабочего элемента станка в заданном положении.

Устройства могут запитываться и постоянным, и переменным током. Сервомоторы переменного напряжения являются сравнительно дешевыми. Изделия также представлены на рынке в асинхронном и синхронном исполнении. Управление асинхронными устройствами производится за счет перемены параметров питающего тока (изменение его частоты с помощью инвертора). Для серводвигателей, которые имеют привод с помощью постоянного тока, предусмотрена маркировка аббревиатурой DC. Такого типа изделия в большинстве случаев применяются в оборудовании, предназначенном для непрерывной работы, поскольку их отличает большая стабильность при эксплуатации.

Благодаря высокой динамике, отличной точности позиционирования и устойчивости к перегрузкам серводвигателей их используют в различных сферах деятельности. В своем большинстве такого рода изделия применяются в металлургической промышленности, при изготовлении намоточных устройств, экструдеров, механизмов, предназначенных для литья под давлением изделий из пластических масс, оборудования для печати и упаковки, в пищевой промышленности и в процессе производства напитков. Также устройства являются неотъемлемой частью станков с ЧПУ, прессовального и штамповочного оборудования, линий по производству автомобилей и т.д. Основным направлением применения серводвигателей являются приводы подачи и позиционные станочные системы с цифровым программным управлением.

Серводвигатели обладают бесшумностью и плавностью работы. Это надежные и безотказные изделия, благодаря чему их широко используют при создании ответственных исполнительных устройств. Высокая скорость и точность перемещения могут обеспечиваться также и на невысоких скоростях. Такой двигатель может быть подобран пользователем в зависимости от предстоящих разрешаемых задач. К недостаткам следует отнести высокую стоимость модуля, а также сложность его настройки. Производство серводвигателей требует наличия высокотехнологичного промышленного оборудования.

Таким образом, потребители могут приобрести серводвигатели, которые наиболее всего соответствуют условиям предстоящей эксплуатации, создав исполнительное устройство, отличающееся высокой надежностью и функциональностью.

#### Шаговый двигатель

Шаговый электродвигатель — это синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками, в котором ток, подаваемый в одну из обмоток статора, вызывает фиксацию ротора. Последовательная активация обмоток двигателя вызывает дискретные угловые перемещения (шаги) ротора.

Конструктивно шаговые электродвигатели состоят из статора, на котором расположены обмотки возбуждения, и ротора, выполненного из магнито-мягкого или из магнито-твёрдого материала. Шаговые двигатели с магнитным ротором позволяют получать большой крутящий момент и обеспечивают фиксацию ротора при обесточенных обмотках.

Таким образом по конструкции ротора выделяют следующие разновидности шагового двигателя:

- с постоянными магнитами;
- реактивный;
- гибридный.

Гибридные двигатели сочетают в себе лучшие черты двигателей с переменным магнитным сопротивлением и двигателей с постоянными магнитами.

Статор гибридного двигателя также имеет зубцы, обеспечивая большое количество эквивалентных полюсов, в отличие от основных полюсов, на которых расположены обмотки. Обычно используются 4 основных полюса для 3,6-град. двигателей и 8 основных полюсов

для 1,8-..0,9-град. двигателей. Зубцы ротора обеспечивают меньшее сопротивление магнитной цепи в определённых положениях ротора, что улучшает статический и динамический момент. Это обеспечивается соответствующим расположением зубцов, когда часть зубцов ротора находится строго напротив зубцов статора, а часть - между ними.

Ротор гибридного двигателя имеет зубцы, расположенные в осевом направлении. Ротор разделён на две части, между которыми расположен цилиндрический постоянный магнит. Таким образом, зубцы верхней половинки ротора являются северными полюсами, а зубцы нижней половинки — южными. Кроме того, верхняя и нижняя половинки ротора повернуты друг относительно друга на половину угла шага зубцов. Число пар полюсов ротора равно количеству зубцов на одной из его половинок. Зубчатые полюсные наконечники ротора, как и статор, набраны из отдельных пластин для уменьшения потерь на вихревые токи.

Главное преимущество шаговых приводов — точность. При подаче потенциалов на обмотки шаговый двигатель повернётся строго на определённый угол.

Стоимость шаговых приводов, в среднем в 1,5-2 раза ниже сервоприводов. Шаговый привод, как недорогая альтернатива сервоприводу, наилучшим образом подходит для автоматизации отдельных узлов и систем, где не требуется высокая динамика. Можно отметить также длительный срок службы, порой сравнимый со временем морального устаревания или выработки ресурса всего станка; точность работы шагового двигателя, за это время, падает незначительно. Нетребовательны к техобслуживанию.

Возможность «проскальзывания» ротора — наиболее известный недостаток этих двигателей. Это может произойти при превышении нагрузки на валу, при неверной настройке управляющей программы (например, ускорение старта или торможения не адекватно перемещаемой массе), при приближении скорости вращения к резонансной. Наличие датчика позволяет обнаружить проблему, но автоматически скомпенсировать её без остановки производственной программы возможно только в очень редких случаях. Чтобы избежать проскальзывания ротора, как один из способов, можно увеличить мощность двигателя.

УДК 621.3.077

## УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ

Дрожжа А. Д., Процко М. С.

Научный руководитель – старший преподаватель Жуковская Т. Е.

Главные недостатки электродвигателя проявляются в момент его запуска — высокий пусковой ток и значительная нагрузка на механические узлы приводимого в действие оборудования.

В промышленности наибольшее распространение получил асинхронный двигатель переменного тока. Он появился в конце XIX столетия и стал активно использоваться уже в начале XX века благодаря простоте устройства, неприхотливости в эксплуатации, работе от сети трехфазного переменного тока, относительно высокому КПД и экологической безопасности. Однако сегодня в своем традиционном исполнении он перестал отвечать требованиям рынка: из-за крайне высокого пускового тока асинхронного двигателя в момент его запуска создается очень высокая нагрузка на питающую сеть, что приводит к падению напряжения в последней, а значит — к ухудшению качества электрической энергии. В итоге повышается вероятность возникновения проблем в работе всех устройств и приборов, подключенных к этой сети. Кроме того, из-за резкого рывка при запуске сокращается срок службы механических узлов приводимого в действие оборудования. Для устранения этих недостатков и были созданы устройства плавного пуска (УПП).

Функции и возможности.

Итак, что же такое УПП, какую пользу оно может принести? Для решения проблемы необходимо сначала выявить ее причину. В нашем случае она одна: обычно напряжение питания на двигатель подается скачкообразно с 0 В до номинального напряжения питания. В силу того, что обмотка статора двигателя имеет малое омическое сопротивление, а рабочее индуктивное сопротивление двигателя устанавливается только в момент, когда устройство выходит в «режим», в промежуток времени с момента включения в сеть до выхода двигателя в «режим» сопротивление очень мало, и сила тока сильно возрастает. Отсюда и получаем высокий пусковой ток, который достигает 6–8-кратного (а порой и 10–12-кратного) увеличения номинального тока потребления. С учетом этого запуск электродвигателя возможен только в том случае, если мощность источника тока достаточна. На практике такое бывает не всегда, и зачастую мощности источника питания недостаточно для того, чтобы обеспечить столь высокий ток. В результате напряжение в питающей сети падает, как еще говорят, «подсаживается». Чрезмерное увеличение тока и «подсаживание» напряжения не проходит бесследно, и с этим приходится бороться, что выливается в дополнительные финансовые затраты. Другой недостаток пуска напрямую от сети — высокие нагрузки на механические узлы — возникает по той же причине: скачкообразная подача напряжения питания. Поскольку ток пуска высокий, крутящий момент может достичь 150–200% от номинального, при этом приводимые механизмы двигателя в момент запуска покоятся, а механические узлы испытывают многократные нагрузки. Для предотвращения поломок производитель или потребитель вынужден закладывать дополнительный запас прочности, что опять же сказывается на стоимости оборудования. Ключ к решению проблемы — плавная подача напряжения и разгон двигателя до номинальных режимов. Эти задачи и призвано решить устройство плавного пуска (УПП).

Использование УПП позволяет:

- уменьшить пусковые токи;
- снизить вероятность перегрева электродвигателей;
- повысить срок их службы;

устранить рывки в механической части электропривода в момент запуска электродвигателей, а также гидравлические удары в трубопроводах и задвижках в момент пуска и остановки насосов.

Принцип действия устройства плавного пуска асинхронного электродвигателя.

Простейшее УПП основано на свойстве полупроводниковых приборов — тиристоров (а они и являются основным конструктивным элементом УПП) — проводить ток после подачи на соответствующий вход управляющего напряжения и «закрывать» при прохождении значения тока через ноль. Тиристоры соединяются по встречной (симисторной) схеме для каждой из фаз трехфазной системы. В нужные моменты времени на управляющие электроды всех тиристоров подается управляющее напряжение, «открывающее» их, благодаря чему напряжение на силовых клеммах электродвигателя оказывается возможным регулировать. Так как крутящий момент электродвигателя является функцией квадрата приложенного напряжения, появляется возможность регулировать и механические нагрузки в электроприводе. Возможность регулирования напряжения позволяет также плавно останавливать электродвигатели, приводящие в действие низко инерционные нагрузки.

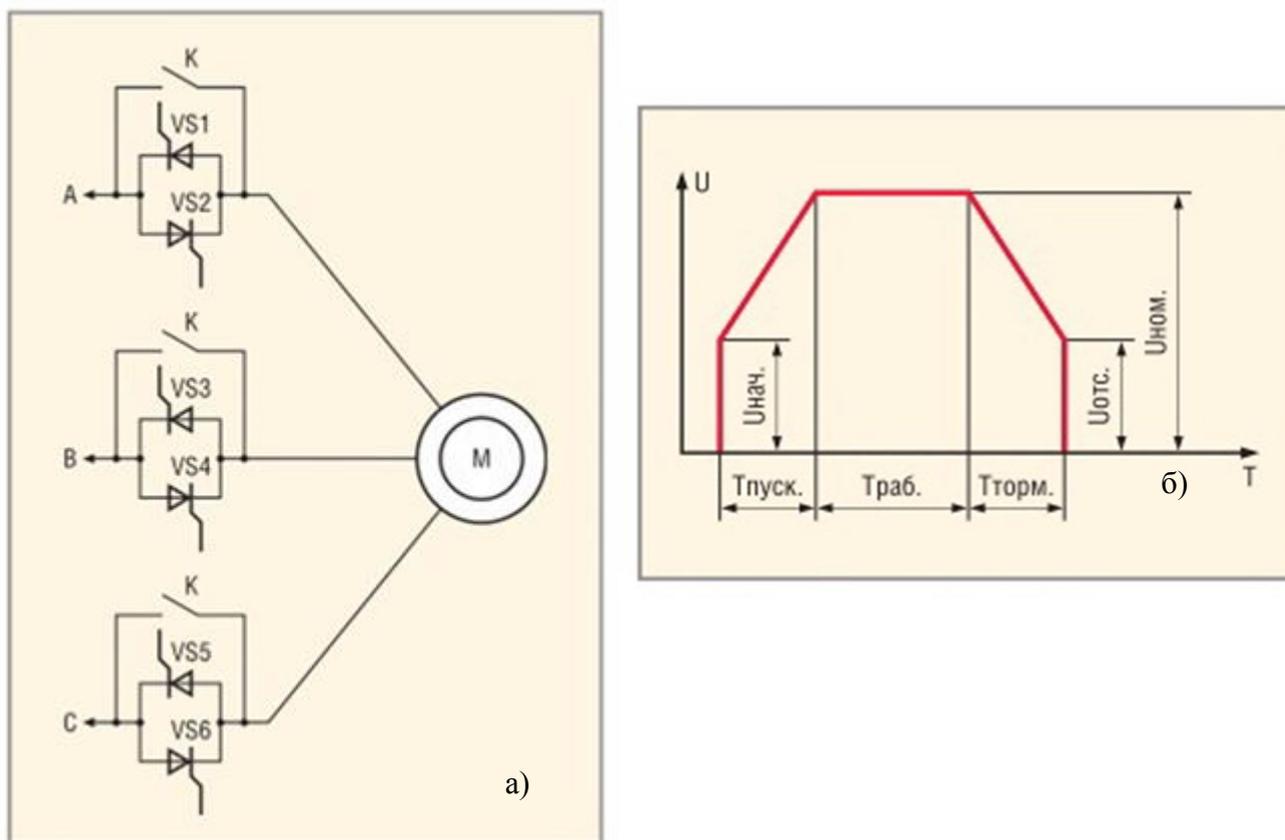


Рисунок 1 Устройство плавного пуска  
а) структурная схема; б) диаграмма работы

Однако описанные устройства имеют и ощутимые недостатки: справляются только с невысокими нагрузками или запуском двигателя вхолостую; при увеличении времени запуска появляется опасность перегрева двигателя, полупроводниковые элементы УПП также могут перегреться и выйти из строя; снижение напряжения влечет за собой снижение крутящего момента на валу.

Более совершенные устройства характеризуются отсутствием указанных недостатков и делятся по принципу действия на амплитудные и частотные. Последние дороже и сложнее в установке/наладке, но их использование оправдывает себя при эксплуатации в условиях, когда для решения поставленных задач необходимо изменять скорость вращения электродвигателя.

#### Виды устройств плавного пуска

Можно выделить два основных типа УПП: Регуляторы напряжения без функции обратной связи. Регуляторы напряжения с функцией обратной связи. Рассмотрим каждый из них подробнее. Регуляторы напряжения без обратной связи. Наиболее распространенный вид устройств плавного пуска. Регулировка здесь может производиться по двум или трем фазам,

но только по заранее заданной пользователем программе, в которой указывается время и начальное напряжение запуска. Пусковой ток и момент уменьшаются, есть возможность плавного останова, но не регулируется момент в зависимости от нагрузки на двигатель. Регуляторы напряжения с обратной связью. Усовершенствованный вариант предыдущей группы. Контролируют фазовый сдвиг между напряжением и током в обмотках статора и используют полученные данные для регулировки напряжения на клеммах двигателя таким образом, чтобы запуск гарантированно произошел с наименьшим значением пускового тока и достаточным значением механического крутящего момента. Также полученные данные используются для работы защит от перегрузки, дисбаланса фаз и пр.

Прогресс не стоит на месте Существуют УПП, имеющие следящие цепи, которые позволяют контролировать нагрузку в каждый конкретный момент времени (то есть подходят для приводов, характеризующихся тяжелыми и очень тяжелыми пусковыми режимами, для которых обычно рекомендуется использовать преобразователи частоты). Дополнительно такие УПП позволяют эффективно решить задачи снижения энергопотребления.

- Регуляторы напряжения, в которых присутствует функция обратной связи. Это усовершенствованные модели УПП, контролирующие фазовый сдвиг между током в обмотках и напряжением.
- Регуляторы напряжение, в которых отсутствует функция обратной связи. Приборы широко используются по сравнению с другими пускателями. Управление в них можно осуществлять по двум либо трем фазам исключительно по указанным ранее параметрам.
- Регуляторы пускового момента. Эти приборы могут координировать исключительно одну фазу электродвигателя. А это позволяет контролировать пусковой момент двигателя и совсем незначительно снижать пусковой ток. Можно сказать, эти регуляторы не контролируют ток, его уменьшение малозаметно, поэтому он практически такой, как при прямом запуске. Если такой ток будет протекать по обмоткам двигателя дольше, чем обычно при прямом пуске, то может возникнуть, перегрев электродвигателя. Поэтому этот тип УПП не используется для устройств, требующих снижения пусковых токов. Но их можно использовать для плавного запуска однофазных асинхронных электродвигателей.
- Регуляторы тока с обратной связью. Это наиболее прогрессивные устройства для плавного пуска. Они осуществляют прямой контроль над током, что позволяет более точно управлять пуском. Преобладают простой настройкой, а также программированием пускателя. Большая часть параметров устанавливается автоматически.

#### Применение

УПП могут применяться везде, где используется электродвигатель, однако выбор нужно производить исходя из нагрузки двигателя и частоты запусков. Если нагрузка на двигатель невелика, а его запуск производится редко (например, в шлифовальных станках, некоторых вентиляторах, роторных дробилках, вакуумных насосах), подойдут регуляторы без обратной связи либо вообще регуляторы пускового момента. Если высокая нагрузка сочетается с частым и инерционным запуском (как в ленточной пиле, центрифуге, сепараторе, распылителе, лебедке, вертикальном конвейере), целесообразным будет выбор регуляторов напряжения с обратной связью, возможно, с запасом по номиналу.