

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ СИГНАЛА

Суворова Н.В. - студентка, Дорожкин М.В. - аспирант, Коротких А.В. - соискатель,
Суворов А.В. - аспирант,

Коротких В.М. - к.т.н., профессор кафедры ОЭ

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Создание многофункциональных, легко управляемых электронных приборов для проведения научных исследований является одной из самых актуальных задач. Следующей задачей в этом списке можно обозначить автоматизацию лабораторных исследований и моделирование внешних воздействий с целью создания новых методов контроля или эффективных технологий. Наиболее перспективным способом решения данных задач является применение микро-ЭВМ, управляемых процессом измерения, выходными напряжениями лабораторных источников питания и генерацией сигналов любой формы.

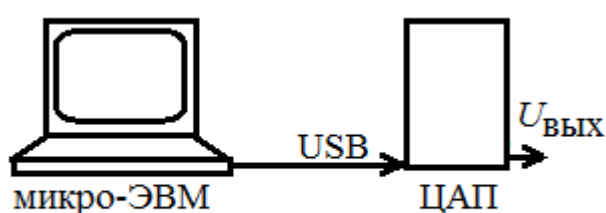


Рис. 1. Схема виртуального генератора

В состав принципиальной схемы виртуального генератора (Рис. 1) входит ЭВМ с универсальным последовательным портом - USB, цифро-аналоговый преобразователь и усилитель с аттениатором.

Задающий сигнал генератора хранящийся в памяти базы данных компьютера в цифровом виде подается через USB-контроллер (поз. 1, Рис. 2) и цифровой регистр (2) на таб-

личный преобразователь кода (3), в качестве которого используется энергонезависимая память, для хранения массива неизменяемых данных, а далее на цифро-аналоговый преобразователь (4). Частота следования и период импульсов выходного сигнала определяется программно-управляемым делителем тактовой частотой, выполненный на счетчике-делителе и мультиплексоре. Преобразованный цифровой код в аналоговый сигнал усиливается прецизионным ОУ (КР140УД17А, DIP-8 LMC7111 - поз. 5, рис. 2). Амплитуда выходного сигнала выставляется программно и через аттениатор (6) выводится на штепсельный разъем СР-75.

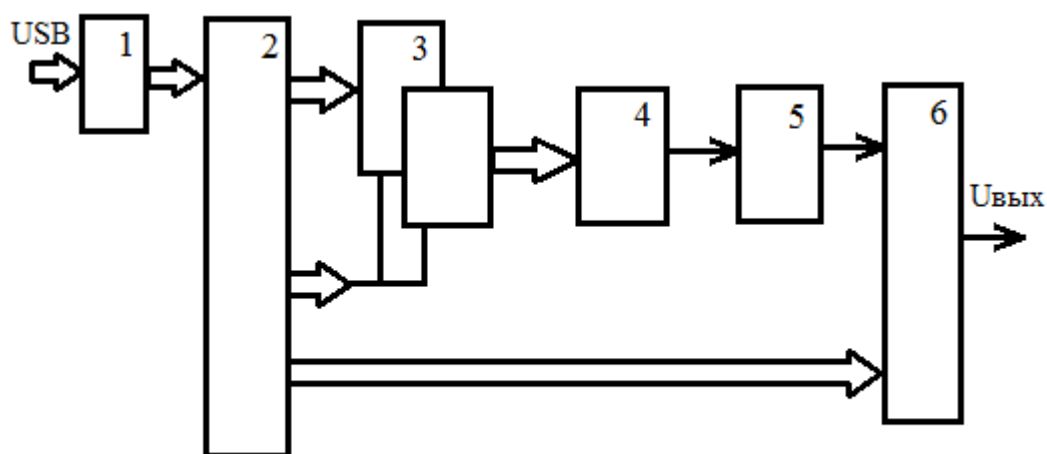


Рис. 2. Схема цифро-аналогового преобразователя

Перестройка частоты осуществляется сменой адреса табличных преобразователей кода и коэффициентом деления в пределах диапазона используемого сигнала.

Литература

1. Жан М. Рабаи, Ананта Чандракасан, Боривож Николич. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования = Digital Integrated Circuits. 2-ое изд. — М.: Вильямс, 2007. — 912 с. — ISBN 0-13-090996-3

2. В. Б. Смоллов, В. С. Фомичев. Аналого-цифровые и цифроаналоговые вычислительные устройства. Энергия, 1974

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ДВУМЕРНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ

Лаптева О.М. - студентка, Дорожкин М.В. - аспирант, Коротких А.В. - соискатель,
Коротких В.М. - к.т.н., профессор кафедры ОЭ
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В быстропротекающих процессах эволюции развития физического явления необходимо контролировать динамические параметры. К таким параметрам относится, например - скорость фронта горения конденсированных электропроводных сред, скорость тепловой релаксации, скорость остывания термообрабатываемых материалов и др. В таких случаях определение пространственно-временной связи в подобных явлениях по моделям сигналов регистрирующей аппаратуры, есть основная цель данной работы.

Наиболее прогрессивными методами исследования динамических процессов в двумерной системе координат являются телевизионные. Телевизионный сигнал определяет в любой момент времени точку в плоскости экрана связанную с частотами кадровой и строчной разверток. Для решения задачи главное определить пространственно-временную связь, т.е. функциональную зависимость декартовой системы координат со временем. Время действия одной телевизионной строки $t_{стр} = \frac{1}{f_{стр}}$, где $f_{стр}$ - строчная частота. Или через квантованное время $\Delta t = \frac{1}{n \cdot f_{стр}}$, будет

$$t_{стр} = n \cdot \Delta t \quad (1).$$

Кадровое время определяется $t_{кадр} = \frac{1}{f_{кадр}}$, где $f_{кадр}$ - кадровая частота. Или через строчные частоты

$$t_{кадр} = m \cdot n \cdot \Delta t \quad (2),$$

где n - число квантов в строке, m - количество строк в кадре. Если известна линейная скорость объекта, то квантованное время находим из соотношения

$$\Delta t = \frac{L}{V} \quad (3),$$

где V - линейная скорость объекта. В тоже время длина пути находим, как произведение масштабного коэффициента на пиксельное расстояние (разрешение экрана) или $L = C \cdot l_{пик}$. Понятно, что коэффициент C есть калибровочная константа телевизионной измерительной системы и его точность влияет на точность измерения.

При определении скорости объекта в плоской системе координат

$$V_{xy} = \frac{L_{xy}}{t_{xy}} \quad (4)$$

находится из координатной задачи. Расстояние между двумя точками на плоскости равно корню квадратному из суммы квадратов разностей координат этих точек. Следовательно:

$$[(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2]^{1/2} = L_{XY} \quad (5)$$

где $X_1; Y_1$ - координата движущей точки в момент начала измерения, т.е. в начальном кадре, $X_2; Y_2$ - соответственно координата движущей точки в момент окончания измерения, т.е. в конечном кадре. Учитывая, что начальным пунктом развертки является точка с координатами $(X_1; Y_1)$, с которой центр апертуры совмещается в момент времени $t=0$, а развертка производится со скоростью V_x по горизонтали и V_y по вертикали, получим для координат изображения объекта

$$X_2 = V_x t_{x2}, \quad X_1 = V_x t_{x1}, \quad (6)$$

$$Y_2 = V_y t_{y2}, \quad Y_1 = V_y t_{y1},$$

Тогда выражение (5) с учетом (6) примет вид:

$$[V_x^2 (t_{x2} - t_{x1})^2 + V_y^2 (t_{y2} - t_{y1})^2]^{1/2} = L_{XY} \quad (7)$$

где t_x – интервал времени от начала данной строки до момента достижения импульсом координаты точки, t_y – интервал времени от начала строк до момента достижения импульсом координаты точки. Время движения точки находится как разность времени $t = t_2 - t_1$ (8).

Время t_1 и время t_2 , учитывая строчные и кадровые частоты, будут иметь вид:

$$t_1 = t_{x1} + t_{y1} + t_{z1} = N_1 \cdot \Delta t + M_1 \cdot t_{\text{стр}} + K_1 \cdot t_{\text{кадр}} \quad \text{или} \\ t_1 = N_1 \cdot \Delta t + M_1 \cdot n \cdot \Delta t + K_1 \cdot m \cdot n \cdot \Delta t \quad (9)$$

и

$$t_2 = t_{x2} + t_{y2} + t_{z3} = N_2 \cdot \Delta t + M_2 \cdot t_{\text{стр}} + K_2 \cdot t_{\text{кадр}} \quad \text{или} \\ t_2 = N_2 \cdot \Delta t + M_2 \cdot n \cdot \Delta t + K_2 \cdot m \cdot n \cdot \Delta t \quad (10)$$

где M_1 – порядковый номер строки в кадре, K_1 – порядковый номер кадра, N_2 – порядковый номер пикселя в строке.

Подставив в уравнение (7) и (8) уравнения (9) и (10), а в (4) уравнения (7) и (8) получим выражение для определения скорости движения точки в плоской системе координат телевизионным способом.

Литература

1. Коротких В.М. Телевизионные методы регистрации и контроля теплофизических параметров в технологиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза – автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Барнаул, 1999.
2. В. Б. Смоллов, В. С. Фомичев. Аналого-цифровые и цифроаналоговые вычислительные устройства. Энергия, 1974.

ОПТО-ЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Фризен И.П. - студент, Дорожкин М.В.- аспирант, Коротких А.В.- соискатель,
Суворов А.В.- аспирант,

Коротких В.М. - к.т.н., профессор кафедры ОЭ

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Из множества методов измерения скорости, опто-электронные являются наиболее предпочтительными из-за их малой инерционности, отсутствия влияния износа на измеряемую систему твердых тел и простотой конструкции регистрирующей аппаратуры. Для измерения линейной скорости необходимо знать два параметра - базовое расстояние и время пролета. Скорость определится как их отношение, т.е.

$$V = - \quad (1).$$

Для реализации метода разработана экспериментальная установка, в которой базовое расстояние задается двумя параллельными лазерными лучами 1 и одним фотоприемником 4 (рис. 1). Сигнал фотоприемника усиливается ОУ 5 и подается на двухуровневый компаратор 6. Выходные сигналы компаратора анализируются по времени в устройстве 7 по которому судят о скорости движения твердого тела.

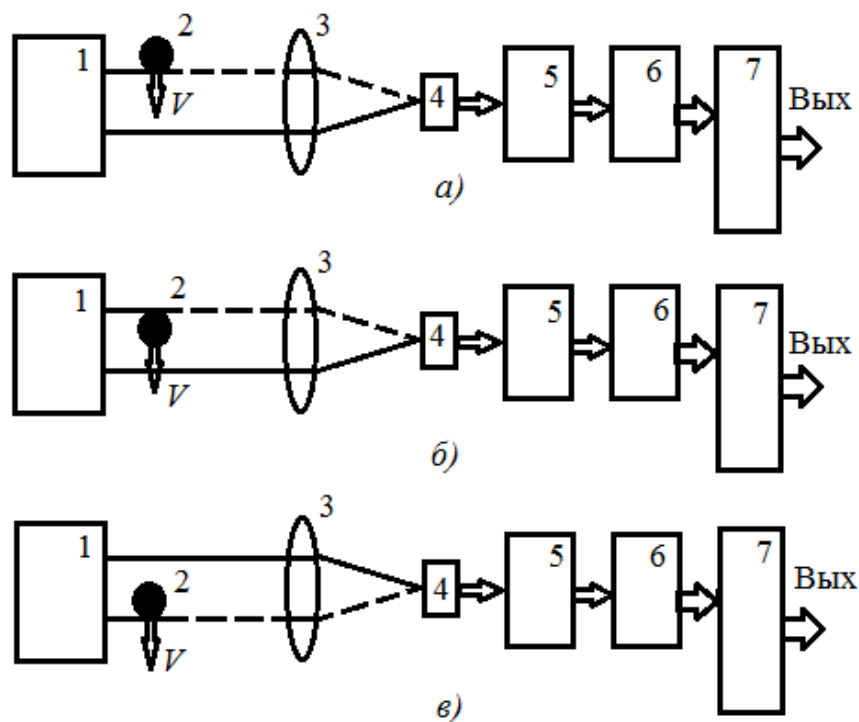


Рис. 1. Схема фото-электронного измерителя скорости твердого тела; а) и б) перекрыт верхний оптический канал, в) перекрыт нижний оптический канал

При перекрытии верхнего или нижнего оптического канала сигнал фотоприемника падает в два раза и это фиксирует компаратор по переднему фронту. Время t между передними фронтами находится в обратно-пропорциональной зависимости от скорости. Тогда $V=L \cdot \frac{1}{t}$, где L - константа измерения, т.е. расстояние между верхним и нижним оптическими каналами.

Литература

1. Коротких В.М. Телевизионные методы регистрации и контроля тепловых параметров в технологиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза – автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Барнаул, 1999.
2. В. Б. Смоллов, В. С. Фомичев. Аналого-цифровые и цифроаналоговые вычислительные устройства. Энергия, 1974.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ В ЦЕПЯХ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ

Долматова А.В. - студентка, Чужикова Т.С. - студентка, Коротких А.В.- соискатель,
Дорожкин М.В. - аспирант,

Коротких В.М. - к.т.н., профессор кафедры ОЭ

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При создании преобразователей физической информации в информацию электрического сигнала используют датчики, как генераторного, так и параметрического типов. Основными параметрами таких устройств являются - чувствительность, отношение сигнал/шум, линейность и т.д. Включение датчиков производят во входную цепь или в цепь обратной связи усилителя.

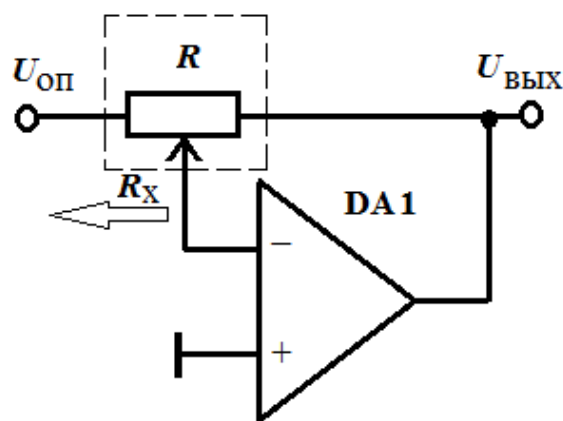


Рис. 1. Схема включения резистивного датчика линейных перемещений

Первый способ имеет недостатки при больших коэффициентах усиления и малом уровне сигнала, второй требует дополнительных каскадов усиления.

Наиболее прогрессивным является способ, при котором используется два датчика работающих в противофазе или дифференциальный. Они включаются в цепь отрицательной обратной связи инвертирующего усилителя на ОУ (операционный усилитель) рис. 1. На вход усилителя подается опорное стабилизированное напряжение $U_{оп}$, которое усиливается с коэффициентом усиления K_U , зависящим от соотношения параметров датчиков, а следовательно, от коэффициента обратной связи γ , т.е. для инвертирующего усилителя

$$K_U = - \quad (1).$$

Если левое плечо имеет сопротивление R_X , то правое соответственно $R - R_X$, тогда коэффициент обратной связи будет

$$\gamma = \quad (2),$$

где R - сопротивление датчика, R_X - сопротивление левого плеча датчика, зависящего от линейного перемещения

$$\delta = C \cdot R_X \quad (3).$$

Коэффициент C находим из соотношения линейных размеров L и полного сопротивления датчика, т.е.

$$C = - \quad (4).$$

Для выходного сигнала, с учетом (1), (2), (3) и (4) модель функциональной связи для данного преобразователя линейных перемещений можно представить в виде формулы $U_{вых} = U_{оп} \left(- \right)$, в которой неизвестной величиной является $\delta = L$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коломбет Е.А. Микропроцессорные средства обработки аналоговых сигналов. М.: Радио и связь, 1991.
2. В. Б. Смолов, В. С. Фомичев. Аналого-цифровые и цифроаналоговые вычислительные устройства. Энергия, 1974.

ВЕТРОВЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Пастухов И.В. – студент группы Э-94, Федянин В.Я. - д.т.н., профессор кафедры ОЭ. Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

С каждым днем возрастают цены на традиционные носители энергии. В связи с этим в современное время особой актуальностью пользуется альтернативная, нетрадиционная энергетика, как более экономный способ обеспечения энергоресурсами потребностей населения. Естественно, что энергия ветра не осталась без внимания, так как это неиссякаемый ис-

точник для получения электричества и, к тому же, абсолютно бесплатный. Ветер является одним из самых доступных источников энергии. В отличие от Солнца, он может «работать» днем и ночью, на севере и на юге, летом и зимой. Ветровая энергия доступна, имеется везде и практически неисчерпаема. Главное преимущество энергии ветра: энергонезависимость, отсутствие потребности в каком-либо топливе, экологическая чистота, экономическая выгода. Часть регионов нашей страны совсем не имеют линии электропередач в силу крайней удаленности. Те, кто сегодня использует «ветряки», делают это из-за отсутствия возможности подключения к центральному электроснабжению или хотят быть энергонезависимыми. ВЭУ (ветроэлектрическая установка, ветрогенератор или просто «ветряк») можно использовать практически повсеместно.

Россия располагает значительными ресурсами ветровой энергии, которая может быть использована в следующих регионах: области: Архангельская, Астраханская, Волгоградская, Калининградская, Камчатская, Ленинградская, Магаданская, Мурманская, Новосибирская, Пермская, Ростовская, Сахалинская, Тюменская; края: Краснодарский, Приморский, Хабаровский; а также: Дагестан, Калмыкия, Карелия, Коми, Ненецкий автономный округ, Таймырский автономный округ, Хакасия, Чукотка, Якутия, Ямало-Ненецкий автономный округ.



Рис. 2 – ВЭУ.

Разработано большое количество ветрогенераторов. В зависимости от ориентации оси вращения по отношению к направлению потока ветрогенераторы могут быть классифицированы следующим образом:

- с горизонтальной осью вращения, параллельной направлению ветрового потока;
- с горизонтальной осью вращения, перпендикулярной направлению ветра (подобные водяному колесу);
- с вертикальной осью вращения, перпендикулярной направлению ветрового потока.

Разработаны также устройства для преобразования энергии ветра в электроэнергию без применения движущихся частей. К ним относится, например, устройство, в котором для выработки электрической энергии на основе термоэлектрического эффекта Томсона применяется процесс охлаждения в ветровом потоке[3].

ВЭУ могут быть соединены с сетью и передавать вырабатываемую энергию в местную электросеть, или могут быть автономными, где потребитель находится в непосредственной близости от ветроагрегата. Любая автономная система, в том числе и ветроэлектрическая, работает независимо от сети централизованного энергоснабжения. В этих условиях ВЭУ может функционировать самостоятельно, использоваться как дублер любого другого генератора или применяться в сочетании с другими энергетическими установками в качестве компонента комбинированной системы энергоснабжения. Такие системы используются для подъема воды или для электроснабжения домов, ферм или производственных помещений малых предприятий.

Как правило, маломощные автономные ВЭУ генерируют постоянный ток для заряда АБ. Система содержит инвертор для преобразования постоянного тока в переменный с напряжением 230 В. Более мощные системы, используемые, например, для электроснабжения нескольких объектов, обычно генерируют переменный ток. Такие автономные устройства можно использовать практически повсеместно, что и делают люди в последнее время, несмотря на большую (несколько сот тысяч рублей) стоимость комплекта необходимых составляющих частей установки: генераторов, аккумуляторов, контролеров заряда и инверторов – для полного альтернативного электроснабжения дома.

Тем не менее, для стабильного электрообеспечения небольшой мощности все вышеперечисленные устройства можно приобрести за вполне реальные сегодня деньги. Поэтому представляется такая возможность либо приобрести такое устройство, либо изготовить своими руками, используя опыт и с оглядкой на промышленные образцы [2]. (Полностью автономная система ветроустановки представлена на рисунке 2)

ВЭУ, подключенные к энергосетям, подразумевают связь с какой-либо существующей энергетической сетью, которая поставляет ветроустановке активную и реактивную мощность для обеспечения запуска, работы и контроля ветроагрегата. Это означает, что электроэнергия, выработанная ВЭУ, поступает непосредственно в сеть. ВЭУ начинают вырабатывать энергию при некоторой скорости ветра – обычно около 4 м/с для большинства современных установок.

Так как энергия ветра меняется по величине не только в годовом разрезе, но и в течение месяца, суток, часа минуты. Между тем большинство потребителей требует бесперебойного круглосуточного электроснабжения при отклонении частоты и напряжения в допустимых пределах. Естественно, что снабжение электроэнергией не может быть поставлено в зависимость от наличия скорости ветра и их величины. Следовательно, при наличии таких провалов скорости ветра, которые не могут быть восполнены за счет кинетической энергии, запасаемой во вращающихся инерционных массах самого ветроагрегата, на ветроэлектрических станциях должны применяться устройства позволяющие восполнить недостаток энергии ветра, начиная с кратковременного, вызванного микропульсациями скорости ветра, и до длительного, обусловленного штилями. На ветроэлектростанциях малой мощности (до 10 кВт) в качестве таких устройств могут служить аккумуляторные батареи, для ветроэлектростанций средней мощности (до 100 кВт и выше) могут быть использованы резервные тепловые и другого рода первичные двигатели, из которых в настоящее время применяются преимущественно дизельные. Для более мощных ветроэлектрических станций резервом, восполняющим недостаток мощности, является та энергосистема, параллельно с которой предполагается работа ветроустановок [1].

Современные ветровые агрегаты новых типов практически не нуждаются в привычном эксплуатационном персонале — они включаются и работают автоматически. Почти все узлы машин стандартны и поставляются в комплектном исполнении. Стоимость строительной части установок составляет около 10%. Поэтому сроки возведения установок и количество рабочих, необходимых для монтажа, минимальны.

Конечно, ветер изменчив, и массовое строительство ветряков сделает необходимым создание в энергосистеме аккумулирующих (тепловых, электромагнитных или иных) систем. Однако примечательно, что энергия ветра и потребность в энергии (нагрузка системы) в течение года изменяются синхронно! В летний период, когда ветры слабы, требуется минимальная мощность в системе. В этот период можно ремонтировать, заменять и добавлять в систему ветроагрегаты. Ветроэнергетические установки новых типов имеют небольшую материалоемкость, высокую заводскую готовность, допускают полную автоматизацию, требуют минимального отвода земли на пустырях, в степях, долинах, где ветры не способствуют другим видам деятельности, а также на вершинах гор и холмов. При развитии электросетей это позволяет ожидать, что себестоимость электроэнергии, получаемой на ветряках в указанных регионах, будет не выше средней существующей себестоимости. Мощность устанавливаемых ветряков зависит от хозяйственных потребностей.



Рисунок 2 – Полностью автономная система.

Что касается развития ветровой энергетики в Алтайском крае то для уникальных биосферных регионов, подобных Большому Алтаю, развитие эффективной возобновляемой энергетики и энергосберегающих технологий имеет жизненно важное значение. Только они могут обеспечить экологически безопасное и экономически эффективное хозяйствование в хрупких горных экосистемах и малонаселенных районах. Несмотря на то, что в официальных документах, связанных с перспективами развития энергетики, в последние десятилетия у нас в России декларируется необходимость использования возобновляемых источников энергии, реальные шаги в этом направлении не очень заметны. Это связано во многом с тем, что у большинства отечественных специалистов-энергетиков и управленцев существует представление о том, что НВИЭ — это дело отдаленного будущего и что эти источники не способны оказать заметное влияние на решение современных проблем энергообеспечения. Как правило, признаются общеизвестные преимущества НВИЭ — практическая неисчерпаемость и экологическая безопасность, но в качестве недостатка указывается на дороговизну экологически чистой энергии, делающую неперспективным, по мнению скептиков, развитие этой отрасли энергетики в современных условиях [4].

На самом деле использование возобновляемых источников энергии в сочетании с современными технологиями энергосбережения — одно из немногих практически доступных средств, способных реально повысить качество энергообеспечения сельских потребителей и одновременно снизить техногенные нагрузки на среду обитания. Что представляет собой система энергообеспечения сельских потребителей Алтайского края? Сельские жители расходуют около 500 кВт·ч/чел. электроэнергии, в то время как городские — 1 тыс. 500 кВт·ч/чел. и более. Несмотря на эту группу населения из-за аномально низкого уровня их доходов. В связи с тем, что прогнозные оценки показывают увеличение уровня тарифов на электрическую энергию к 2020 году более чем в два раза, эта проблема требует срочного решения. Проблему энергообеспечения потребителей, удаленных на значительное расстояние от крупных населенных пунктов, можно решить с помощью небольших ветроэлектрических установок, работающих на локальную электрическую сеть [4]. Для компенсации одного из основных недостатков ветроэлектрических установок — переменного во времени производства энергии — предусматриваются варианты совместной их работы с фотоэлектрическими и электрогенераторными установками на основе двигателей внутреннего сгорания.

Список используемых источников:

1. Андрианов, В.Н, Быстрицкий, Д.Н, Вашкевич, К.П, Секторов, В.Р, Ветроэлектрические станции [Текст]: учебное пособие/ В.Н. Андрианов - Государственное энергетическое издательство, 1960. — 320с.: ил.
2. Кошкарлов, А.П, Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции [Текст]: учебное пособие/ А.П. Кошкарлов. — М.: ДМК Пресс, 2011. — 114с.: ил.
3. Фатеев, В.М, Ветрогенераторы и ветроустановки [Текст]: учебное пособие/ В.М. Фатеев. — М.: ОГИЗ - СЕЛЬХОЗГИС, 1948. — 544с.: ил.
4. Федянин, В.Я, Мещеряков В.А, Инновационные технологии для повышения эффективности алтайской энергетики [Текст]: монография/ В.Я. Федянин. — Барнаул: ААЭП, 2010. — 192с.: ил.

СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Демченко П.В. — аспирант,

Федянин В.Я. -д.т.н., профессор кафедры ОЭ

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При проведении исследований в области ветроэнергетики часто бывает необходимо использовать различные модели, так как эксперименты не всегда возможны как по техническим, так и экономическим соображениям.

Для оценки ветроэнергетического потенциала местности удобно иметь инструмент, который по минимальным входным данным максимально точно предскажет целесообразность установки в данном месте ветроустановки для обеспечения электрической энергией заданного потребителя. Так же он может использоваться для подбора ветроустановки под заданные требования с учетом ветров выбранной местности.

Входными данными такого инструмента являются статистические данные о скорости ветра для данного конкретного местоположения, параметры ветроагрегата, а также конфигурация энергосистемы, к которой предполагается подключать генератор.

Необходимо создать такой программный комплекс, который сможет выполнять полное имитационное моделирование цепочки от ветра до потребителя электроэнергии.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА

Для решения поставленной задачи необходимы математические модели каждой составляющей, а затем реализация их на языке высокой уровня, а так же вспомогательные утилиты для ввода, преобразования данных и графический интерфейс, объединяющий все составляющие системы.

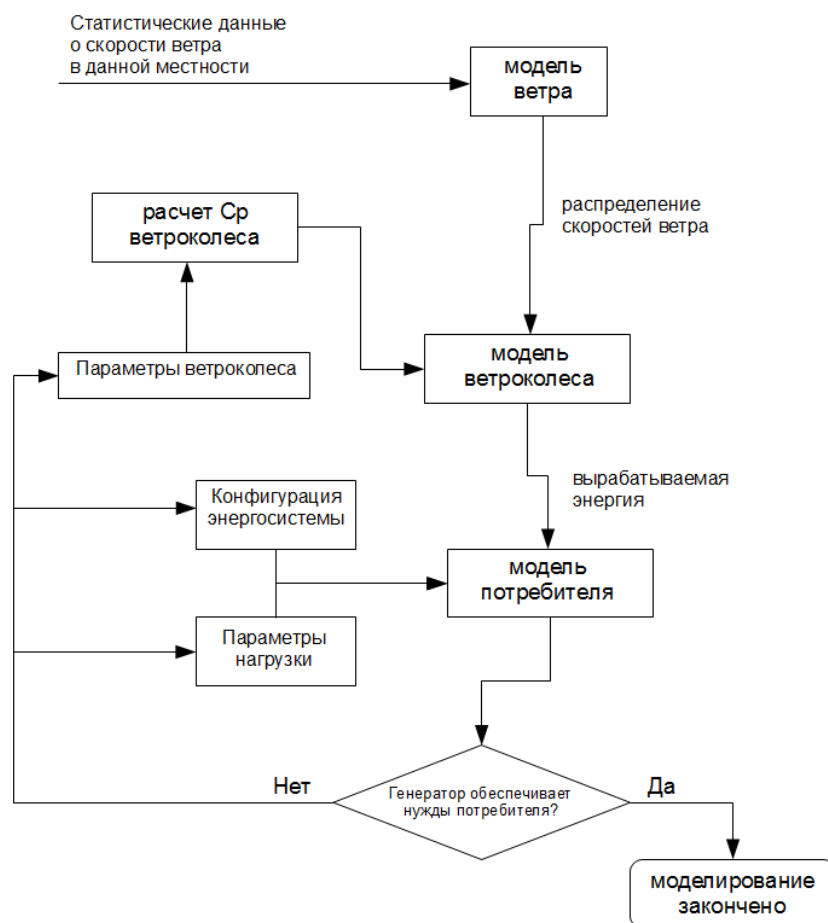


Рисунок 1 – Структура виртуального стенда

Имитационную модель ветроэнергетической установки можно разбить на следующие составляющие:

- модель ветра,
- модель ветроколеса,
- модель потребителя.

Структура взаимодействия между частями комплекса схематически изображена на рисунке 1. Рассмотрим каждую часть подробнее.

МОДЕЛЬ ВЕТРА

Анализ характеристик ветра существенно упрощается, если иметь функцию распределения вероятности скорости ветра. В этом случае сокращается необходимое количество замеров скорости ветра и появляется возможность аналитического расчета характеристик ветроустановок. Практика показывает, что двухпараметрическая показательная функция достаточно хорошо аппроксимирует экспериментальные данные. Одной из таких часто используемых функций является функция Вейбулла [1]:

$$f_x(x) = \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{x}{\lambda} \right)^k}.$$

Очень хорошее соответствие экспериментальным данным получается при значениях параметра $k = 1.3 - 2.3$ и параметра λ близкого к значению средней скорости ветра.

В многих случаях выражение для функции распределения можно еще более упростить и свести к однопараметрическому так называемому распределению Рэлея (или χ -квадратичному распределению), полагая $k = 2$:

$$f_x(x) = \frac{2x}{\lambda^2} e^{-\left(\frac{x}{\lambda} \right)^2}.$$

Можно выразить среднее значение скорости x через функцию распределения вероятности:

$$\bar{x} = \lambda \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right), \text{ где } \Gamma - \text{гамма-функция.}$$

Используя известные свойства гамма-функции нетрудно вычислить среднее значение переменной x^n . В общем случае для функции Вейбулла имеем

$$\bar{x}^n = \lambda^n \Gamma\left(1 + \frac{n}{k}\right).$$

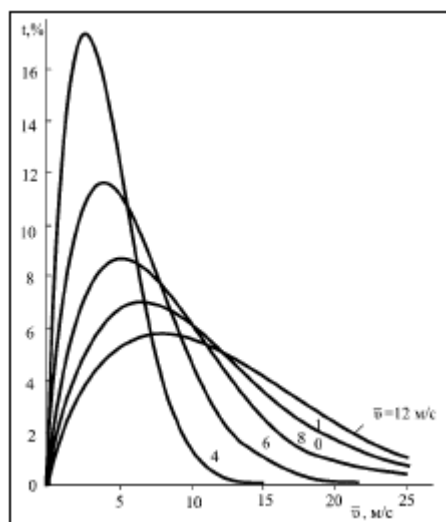
Значения параметров λ и k определяются на этапе аппроксимации конкретных данных метеонаблюдений распределением Вейбулла. Но если известны $\bar{x}$ и $\bar{x}^n$, то параметры λ и k можно определить, составив систему уравнений из выражений, приведенных выше.

Ещё один способ определения λ и k основан на измерении $\bar{x}$ и стандартного отклонения (дисперсии) x от $\bar{x}$, что позволяет определить величину $\overline{x^2} - \bar{x}^2$, а следовательно, и $\bar{x}^2$.

Для моделирования ветра на данной территории по данным метеостатистики определяются параметры распределения λ и k , затем с помощью метода обратного преобразования из стандартного равномерного распределения:

$$W \leftarrow \lambda \left(-\ln U \right)^{\frac{1}{k}},$$

где



$U \sim U(0,1)$ - стандартное равномерное распределение.

МОДЕЛЬ ВЕТРОКОЛЕСА

Модель ветроколеса используется для преобразования полученных из модели ветра данных о его скорости в мощность на валу.

Мощность можно определить по формуле [3]:

$$P = \frac{\pi}{2} \rho R^2 v^3 C_p,$$

где ρ - плотность воздуха,

R - радиус ветроколеса,

V - скорость ветра, а C_p - коэффициент использования энергии ветра.

В [4] показано, что максимальная энергия, которую можно получить от идеального ветроколеса составляет примерно 59 % от кинетической энергии воздушного потока (закон Бетца–Жуковского), т.е. $C_{p\text{MAX}} = 0.59$.

Для реальной турбины с горизонтальной осью вращения коэффициент мощности обычно находится в диапазоне 0.1 – 0.47 [5].

Для произвольного ветроколеса аналитическое определение C_p вызывает трудность ввиду чрезвычайной сложности и нелинейности аэродинамических процессов, возникающих при взаимодействии лопастей ветроколеса с потоками воздуха. Как правило, для заданного ветроколеса аэродинамический коэффициент моделируется с помощью специального программного обеспечения, такого как, например, WT_Perf [6]. Результатом работы этой программы для заданного ветроколеса будет зависимость C_p от скорости ветра.

Получив такую информацию можно превратить знания о скоростях ветра за определенный период в распределение мощности на валу ветроколеса.

МОДЕЛЬ ПОТРЕБИТЕЛЯ

Сделав поправку на КПД электрического генератора, получим информацию о вырабатываемой установкой электроэнергии.

Для моделирования нагрузки ветрогенератора создана программа расчета электрических цепей.

Входными параметрами её являются таблица ЭДС узлов электрической цепи и сопротивлений между узлами. Результатом работы являются потенциалы узлов, зная которые можно рассчитать токи, текущие в нагрузках.

Программа выполнена в виде консольного приложения Windows для удобства работы в составе стенда. Кроме того, программа может работать самостоятельно, тогда входные данные задаются в текстовых файлах, в текстовый же файл выводятся результаты расчетов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данном этапе разработана структурная схема виртуального лабораторного стенда, определены его составляющие, их назначение и взаимодействие между ними.

Реализована часть программного комплекса, выполняющая расчет электрических цепей. Эта часть представляет собой отдельную программу, которая может использоваться самостоятельно, либо в составе комплекса.

В дальнейшем планируется реализация частей отвечающих за моделирование ветра и ветроколеса, а так же создание графического интерфейса, объединяющего все составляющие стенда, который позволит задавать входные параметры и наглядно отображать результаты моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. 1990. – 392 с.: ил.
2. Минин В.А., Дмитриев Г.С. Перспективы освоения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на Кольском полуострове / Доклад объединения Bellona. 2007.

3. Богатырев Н.И., Креймер А.С. Имитационное моделирование ветроэнергетической установки.
4. Н. Е. Жуковский Ветряная мельница типа НЕЖ 1920.
5. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 200 с., ил.
6. <http://wind.nrel.gov/designcodes/>

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, ВЕДОМЫЙ СЕТЬЮ, ДЛЯ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Еремочкин С.Ю. – аспирант,

Стальная М.И. – к.т.н., профессор, Халина Т.М. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Однофазные электродвигатели нашли широкое применение в различного рода бытовых приборах, приводах вентиляторов бытового и производственного назначения, деревообрабатывающих станков, насосов, компрессоров, транспортеров а также небольших станков. Их преимущество — возможность использования в таких местах и помещениях, где нет трехфазной сети, но подведена двухпроводная однофазная сеть [1].

В настоящее время наибольшее распространение, для питания однофазного электродвигателя от однофазной сети, получил метод конденсаторного сдвига в статорной цепи [2]. Основными недостатками описанного метода питания однофазного асинхронного электродвигателя от однофазной сети цепи являются низкая надежность и повышенные габариты вследствие необходимости использования бумажных конденсаторов большой емкости, а также отсутствие возможности регулирования скорости вращения электродвигателя.

Для устранения вышеуказанных недостатков разработан преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью переменного тока для питания однофазного асинхронного двигателя (рисунок 1) [3].

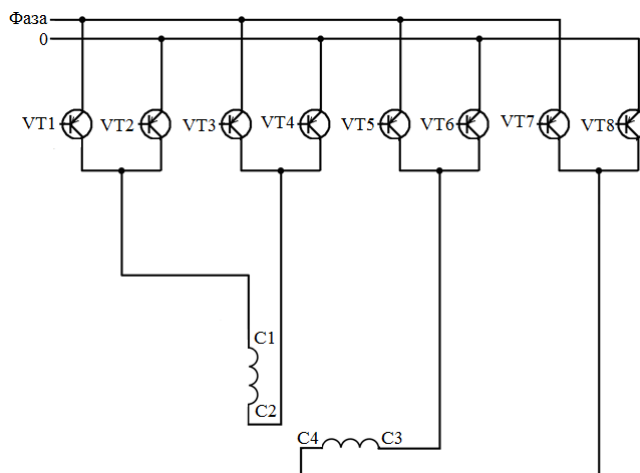


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема преобразователя частоты, ведомого однофазной сетью переменного тока для питания однофазного асинхронного двигателя

Где

- Ф – фаза;
- 0 – ноль;
- C1-C4 – выводы статорных обмоток однофазного асинхронного двигателя;
- VT1-VT8 – транзисторы, работающие в ключевом режиме.

С помощью преобразователя частоты, ведомого однофазной сетью переменного тока для питания однофазного асинхронного двигателя, возможно осуществить векторно-алгоритмическое управление однофазным асинхронным электродвигателем, создавая несколько типов вращающихся полей статора: прохождением четырех последовательных фик-

сированных положений вектора магнитного потока кругового вращающегося поля при одновременном включении одной обмотки статора двигателя, четырех последовательных фиксированных положений вектора магнитного потока кругового вращающегося поля при одновременном включении двух обмоток статора двигателя, и восьми последовательных фиксированных положений вектора магнитного потока кругового вращающегося поля статора двигателя.

Рассмотрим векторно-алгоритмическое управление однофазным электродвигателем прохождением четырех (рисунок 2) последовательных фиксированных положений вектора магнитного потока кругового вращающегося поля статора за один оборот двигателя.

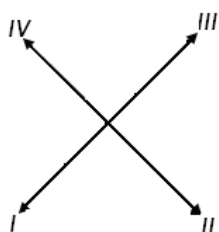


Рисунок 2 – Фиксированные положения вектора магнитного потока кругового вращающегося поля статора

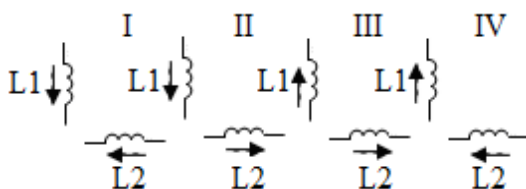


Рисунок 3 - Направления токов, протекающих в обмотках статора электродвигателя

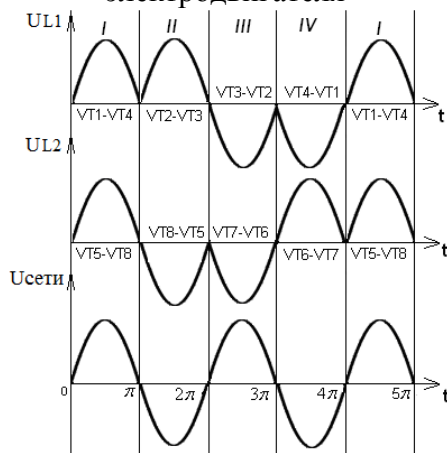


Рисунок 4 - Осциллограммы напряжений на статорных обмотках электродвигателя

Для обеспечения вращения вектора магнитного потока кругового вращающегося поля статора однофазного асинхронного двигателя в соответствии с векторной диаграммой, показанной на рисунке 2, а направления токов, протекающих в обмотках статора на рисунке 3, в последовательности I-II-III-IV, необходимо подавать управляющие импульсы на транзисторы в определенной последовательности. В положительный полупериод питающего напряжения (рис. 4) подается отпирающее управляющее напряжение на базы транзисторов VT1, VT4, VT5, VT8. Ток протекает по обмоткам L1 и L2 в прямом направлении (рис. 3) - образуется I фиксированное положение вектора электромагнитного потока поля статора. В отрицательный полупериод питающего напряжения подается отпирающее управляющее напряжение на базы транзисторов VT2, VT3, транзисторы VT5 и VT8 остаются открытыми. Ток протекает по обмотке L1 в прямом направлении, по обмотке L2 в обратном направлении - образуется II

фиксированное положение вектора электромагнитного потока поля статора. В положительный полупериод питающего напряжения подается отпирающее управляющее напряжение на базы транзисторов VT6, VT7, транзисторы VT2, VT3 остаются открытыми. Ток протекает по обмоткам L1 и L2 в обратном направлении - образуется III фиксированное положение вектора электромагнитного потока поля статора. В отрицательный полупериод питающего напряжения подается отпирающее управляющее напряжение на базы транзисторов VT1, VT4, транзисторы VT6 и VT7 остаются открытыми. Ток протекает по обмотке L1 в обратном направлении, по обмотке L2 в прямом направлении - образуется IV фиксированное положение вектора электромагнитного потока поля статора. При описанных последовательностях включения транзисторов, данный преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью переменного тока для питания однофазного асинхронного двигателя, позволяет работать двигателю на частоте $f_{сети}/2$.

Регулируя момент подачи управляющего сигнала на базу транзисторов можно осуществлять работу электродвигателя на номинальной или при повышенной частоте питающего напряжения на двигатель, а, следовательно, и регулирование скорости двигателя [4].

Таким образом, преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью переменного тока для питания однофазного асинхронного двигателя имеет преимущества по сравнению с конденсаторным методом из-за возможности регулирования угловой скорости двигателя как выше, так и ниже номинальной, более высоких показателей надёжности и экономичности, а также меньших габаритах.

Литература:

1. Алиев, И.И. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах [Текст]: учебное пособие / И.И. Алиев. – М.: Издательское предприятие РадиоСофт, 2004. – 128с.
2. Копылов И.П. Электрические машины. Учебник для вузов/ И.П. Копылов. – М.: Высшая школа, 2006. - С.343
3. Патент №109356 МПК H02P 27/04 (2006.01), МПК H02P 27/18 (2006.01), МПК H02M 5/275 (2006.01), МПК H02M 5/297 (2006.01). Преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью переменного тока, для питания однофазного асинхронного двигателя/ М.И. Стальная, Т.А. Халтобина, С.Ю. Еремочкин, Д.С. Халтобин; Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – № 2011120731/07(030633) ; Дата подачи заявки 23.05.2011.
4. Коломиец, А.П. Электропривод и электрооборудование [Текст]: учебное пособие для высших технических учебных заведений / А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева, И.Р. Владыкин, С.И. Юран – М. : Колос С, 2006.–328с.

ВЫБОР ТИПА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ МАШИН

Еремочкин С.Ю. – аспирант,

Стальная М.И. – к.т.н., профессор, Халина Т.М. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Электровооруженность труда в сельском хозяйстве приобретает все более распространенный характер. Основными потребителями электроэнергии в сельском хозяйстве в настоящее время являются асинхронные электроприводы различных поточных линий, машин и механизмов, а также систем вентиляции и микроклимата [1]. Выбор асинхронного электропривода предопределяется рядом преимуществ над приводом постоянного тока: высокая надежность, простота в эксплуатации; высокое быстродействие; возможность плавного регулирования скорости; более низкая стоимость и габариты.

Наибольшее распространение получили три типа асинхронных двигателей – трехфазные с фазным и короткозамкнутым ротором, трехфазный электродвигатель Шраге-Рихтера, а

также однофазный электродвигатель. Так как трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором и асинхронный двигатель Шраге-Рихтера имеют подвижные щеточные контакты, то преимущественно применяются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Это объясняется спецификой работы электроприводов в сельском хозяйстве. Электродвигатели работают при неблагоприятных условиях окружающей среды: пожароопасной и взрывоопасной среде мукомольных производств, химически активной атмосфере животноводческих помещений, большой запыленности в птицефабриках, зерноочистительно-сушильных комплексов, высокой влажности в кормоцехах, под открытым небом. Эти условия, осложняя эксплуатацию электроприводов, требуют применения более прочного, надежного, простого оборудования, характерного для электроприводов с асинхронными двигателями с короткозамкнутым ротором [2].

Как известно, асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором могут быть как однофазные, так и трехфазные. Был проведен сопоставительный анализ, в результате которого выявлен ряд преимуществ трехфазных асинхронных двигателей перед однофазными [3]. Прежде всего, это более низкая стоимость трехфазных асинхронных двигателей (рисунок 1).

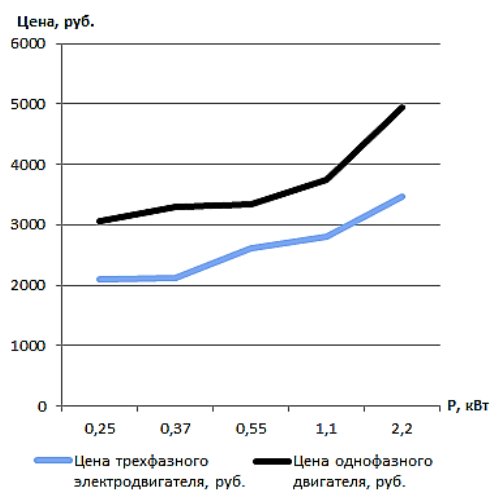


Рисунок 1 – Зависимость цены асинхронного двигателя от мощности

На рисунке 1 показано: по оси абсцисс откладывается мощность однофазных и трехфазных электродвигателей в киловаттах, по оси ординат — стоимость электродвигателей в рублях. Из рисунка 1 видно, что до мощности 2,2 кВт стоимость однофазного асинхронного двигателя, при одинаковой мощности, в среднем на 28,75% выше стоимости трехфазного, что отражено на рисунке 2.

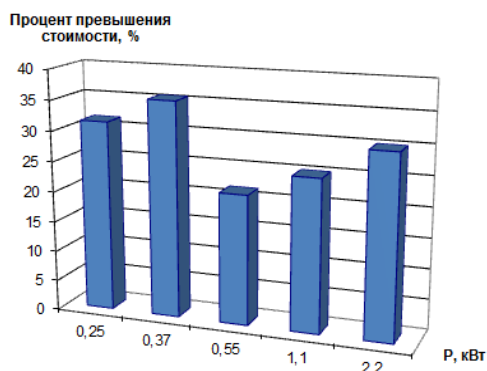


Рисунок 2 – Процентное превышение стоимости однофазного двигателя над трехфазным

На рисунке 3 представлено сравнение весовых показателей однофазных и трехфазных асинхронных двигателей.

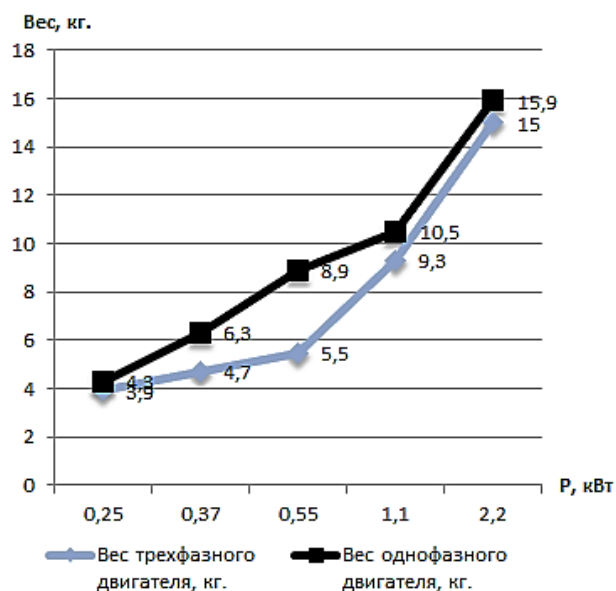


Рисунок 1.3 – Зависимость веса двигателя от мощности

Из рисунка 3 видно, что асинхронные трехфазные электродвигатели, при одинаковых мощностях, легче однофазных. Кроме того, при использовании однофазных асинхронных двигателей необходимо дополнительно применять бумажные конденсаторы, имеющие большие габаритные размеры и стоимость.

Анализ значений коэффициентов полезных действий сопоставляемых двигателей показал, что асинхронные трехфазные двигатели обладают более высоким КПД. Зависимости КПД от мощности для трехфазных и однофазных двигателей представлены на рисунке 4.

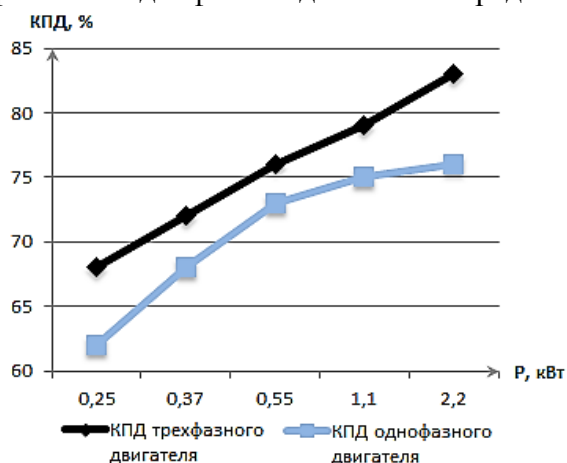


Рисунок 4 – Зависимость КПД двигателей от мощности

Таким образом, на основании вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что использование трехфазных короткозамкнутых асинхронных двигателей в электроприводе сельскохозяйственных электрифицированных машин предпочтительнее по следующим причинам:

- 1) более высокой надежности;
- 2) простоте в обслуживании по сравнению с коллекторными двигателями;
- 3) меньших капитальных затрат;
- 4) меньших габаритных размеров и веса;
- 5) более высокого коэффициента полезного действия.

Литература:

1. Елифанов А.П., Гущинский А.Г., Малайчук Л.М. Электропривод в сельском хозяйстве. – М.: Издательство «Лань», 2010. – 224 с.
2. Коломиец, А.П. Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р., Юран С.И. Электропривод и электрооборудование. – М.: КолосС, 2006.–328с.

3. Khalina T.M., Stalnaya M.I., Eremochkin S.Y. The rational use of the three phase asynchronous short circuited electric motors in a single phase network // The Seventh International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering (ICTPE-2011). - 2011. - № 22. - Code 02EPE10. – P. 105-107.

ОДНОФАЗНО-ТРЕХФАЗНЫЙ КОММУТАТОР ДЛЯ ЗАПУСКА И РАБОТЫ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Еремочкин С.Ю. – аспирант,

Стальная М.И. – к.т.н., профессор, Халина Т.М. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Как известно [1], трехфазные асинхронных короткозамкнутые электродвигатели имеют целый ряд преимуществ перед специализированными асинхронными однофазными двигателями. Однако включение трехфазного асинхронного электродвигателя в однофазную сеть выдвигает ряд особенных требований. На сегодняшний день наибольшее распространение получил конденсаторный способ запуска трехфазного двигателя от однофазной сети. На рисунке 1, представлена одна из возможных схем включения асинхронного двигателя в однофазную сеть с фазосдвигающим конденсатором.

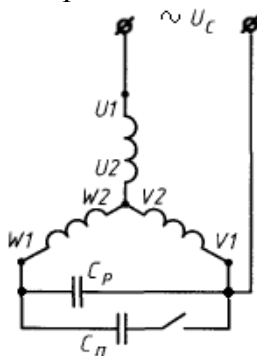


Рисунок 1 - Схемы включения асинхронного двигателя в однофазную сеть с фазосдвигающим конденсатором

У метода запуска трехфазного двигателя от однофазной сети с использованием емкостных фазосдвигающих цепей имеются следующие недостатки:

- 1) Отсутствие возможности регулировки скорости электродвигателя;
- 2) Небольшая развиваемая электродвигателем мощность (до 40% от номинального значения);
- 3) холостой ход конденсаторного двигателя с постоянной рабочей емкостью не только нежелателен, но и опасен, так как ток конденсаторной фазы, достигая в этом случае наибольшего значения, может вызвать недопустимый перегрев обмотки [2];
- 4) низкая надежность и повышенная стоимость ввиду наличия в схеме конденсаторов;
- 5) большие габариты ввиду необходимости использования в схеме бумажных конденсаторов.

Вследствие серьезности перечисленных недостатков возникает задача нахождения более простого, стабильного и малогабаритного способа включения трехфазного асинхронного короткозамкнутого двигателя в однофазную сеть.

В случае если необходимо осуществлять только запуск и работу трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети переменного тока [3], без осуществления регулирования угловой скорости, но с возможностью осуществления реверса, возможно использование однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью (рисунок 2) [4].

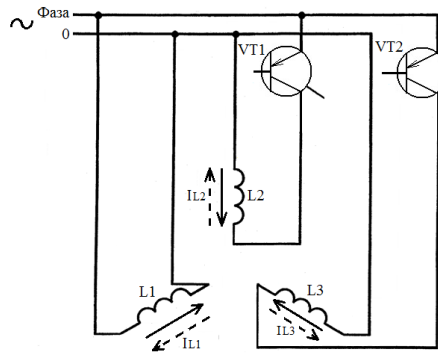


Рисунок 2 - Принципиальная электрическая схема однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью

Векторно-алгоритмическое управление однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью, осуществляется следующим образом. В статорные обмотки трехфазного асинхронного двигателя подается однофазное переменное напряжение посредством коммутации соответствующих полупроводниковых ключей (транзисторы VT1 и VT2), обеспечивающих получение вращающегося магнитного поля статора (рисунок 3).

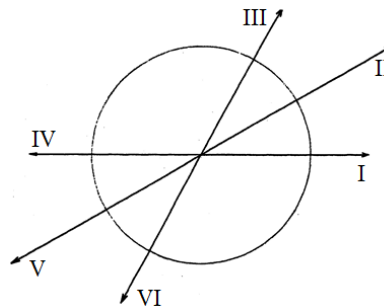


Рисунок 3 - Векторная диаграмма кругового вращающегося поля статора электродвигателя

Кроме того, в работе однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью, используется свойство транзисторов пропускать ток в ключевом режиме в прямом и обратном направлениях вследствие симметричной структуры.

На рисунке 4 показаны осциллограммы напряжений на статорных обмотках электродвигателя, при вращении вектора магнитного потока вращающегося поля статора двигателя в соответствии с векторной диаграммой, показанной на рисунке 3.

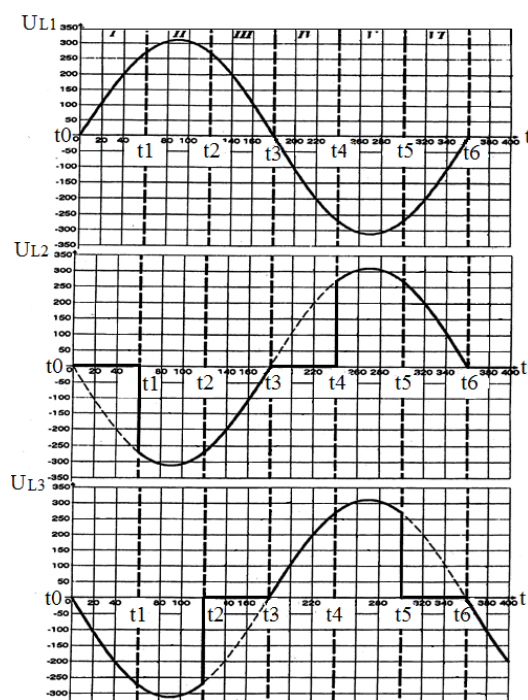


Рисунок 4 - Осциллограммы напряжений статорных обмоток электродвигателя

Были проведены расчетные исследования при помощи векторно-алгоритмического метода [5], в результате которых установлено, что мощность развиваемая электродвигателем, питание которого осуществляется по схеме, представленной на рисунке 1, составляет порядка 67% от номинальной. Таким образом, разработанный однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомого однофазной сетью, рекомендуется к использованию для запуска и работы трехфазных асинхронных электродвигателей от однофазной сети переменного тока.

Литература:

1. Торопцев Н.Д. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах: учебное пособие. М.: Энергопрогресс, 2000. 72с.
2. Коломиец А.П., Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р., Юран С.И. Электропривод и электрооборудование. М.: КолосС, 2006. 328 с.
3. Khalina T.M., Stalnaya M.I., Eremochkin S.Y. The rational use of the three phase asynchronous short circuited electric motors in a single phase network // The Seventh International Conference on Technical and Physical Problems of Power Engineering (ICTPE-2011). 2011. № 22. Code 02EPPE10. P. 105-107.
4. Однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый однофазной сетью: пат. 109938 Рос. Федерация. № 2011120730/07; заявл. 23.05.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. №30. – 2 с.
5. Халина Т. М., Стальная М. И., Еремочкин С. Ю. Оценка эффективности использования трехфазных асинхронных электродвигателей в однофазной сети при векторно-алгоритмическом управлении // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. №12. С. 103-107.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЛЬТ - АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Кокора В.А.- аспирант, Халин М. В. - д.т.н., профессор кафедры ОЭ
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

При разработке и производстве промышленной партии низкотемпературных многоэлектродных композиционных электрообогревателей (НТМКЭ) МКЭ-1 для агропромышленного

комплекса (АПК) необходимо решить задачу стабильности электротехнических характеристик разрабатываемых изделий. С этой целью был произведен ряд экспериментов и испытаний для выявления мероприятий, которые позволили бы повысить качество выпускаемой продукции, расширить номенклатуру и организовать серийное производство. Испытания образцов проводились на базе Алтайского центра стандартизации, метрологии и сертификации, был получен ряд вольт- амперных характеристик композиционного материала (КМ) и изделий из него МКЭ-1 .

Целью исследования было проведение экспериментов, направленных на более глубокое понимание процессов, происходящих в проводящем слое электрообогревателя, в т.ч. определение зависимости удельного объемного сопротивления от величины тока в различных режимах эксплуатации МКЭ.

Объекты исследований представляли собой электрообогреватели МКЭ-1, размером 200х135х10мм, с различным составом электропроводного композиционного материала, в т.ч. марками технического углерода (ТУ) и его концентрацией в проводящей фазе. Было выбрано по 2 образца с содержанием ТУ марок П-234, П-324 и П-514 из серий по 100 шт.

Согласно [1] вольт- амперные характеристики исследуемых композиционных материалов имеют линейный характер в данном диапазоне напряжений и подчиняются закону Ома, что согласуется с установленной зависимостью для наполненных ТУ полимеров:

$$I = c \cdot U^n, \quad (1)$$

c , n - константы, причем $n = 1$. В этом случае проводимость осуществляется за счет непосредственного контакта между частицами ТУ в полимерной матрице, образующими непрерывную пространственную структуру.

Для получения результатов исследований электропроводящей фазы НТМКЭ использовались электрофизические методы. При определении вольт -амперной характеристики испытуемый образец подключался к источнику тока, через 10 секунд после подключения измерялось значение падения напряжения. Измерения проводились в диапазоне значений подаваемого тока от 1 мкА до 50 мА [2].

При определении зависимости удельного объемного сопротивления от величины переменного напряжения при условии, что температура электрообогревателя равна температуре окружающей среды, на электрообогреватель подавалось переменное напряжение, через 30 секунд после подключения НТМКЭ измерялось значение проходящего через него тока. Измерения проводились в диапазоне значений подаваемого напряжения от 10В до 200В.

Результаты измерений вольт - амперных характеристик образцов НТМКЭ представлены, в графической форме - на рисунке 1.

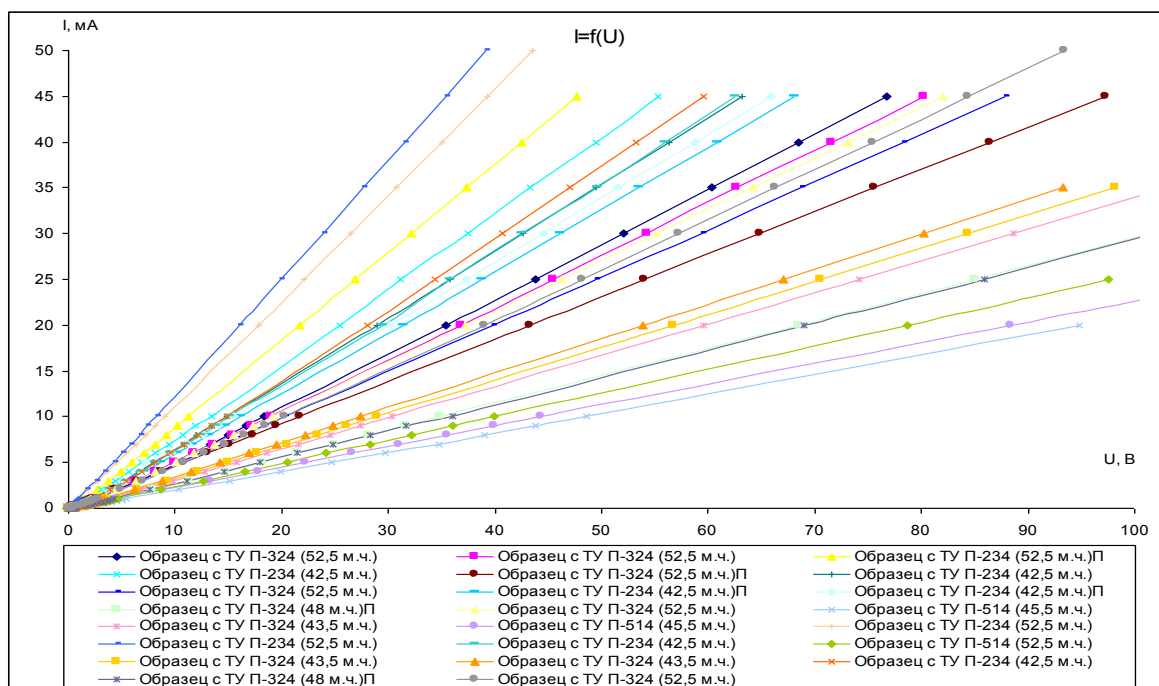


Рисунок 1– Вольт - амперные характеристики МКЭ

Результаты эксперимента показали, что для обеспечения стабильности вольт -амперных характеристик, должна быть выбрана марка ТУ П-324, доля ТУ в проводящей фазе должна составлять не менее 52,5 массовых долей при выбранной технологии производства НТМКЭ [3].

Литература

1 Расчет и проектирование низкотемпературных композиционных электрообогревателей / В.В. Евстигнеев, Г.А. Пугачев, Т.М. Халина, М.В. Халин. - Новосибирск: Наука, 2001. - 168 с.

2 Халина, Т.М. Определение электрофизических величин и электротехнических характеристик многоэлектродных композиционных электрообогревателей / Т.М. Халина, М.В. Халин, А.В. Жуйков, А.Б. Дорош // Проблемы и перспективы развития литейного, сварочного и кузнечно-штамповочного производств: Сб. науч. тр. Межд. науч.- практ. конф. Вып. 4. - Барнаул: АлтГТУ, 2002. - С. 301-305.

3 Халина, Т.М. Энергоэффективные системы на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей / Т.М. Халина, М.В. Халин, А.Б. Дорош, А.В. Жуйков // Энергосберегающие технологии: Сб. матер. Межд. молод. конф. - Томск : ТПУ, 2011.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ УДЕЛЬНОГО ОБЪЕМНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ В РЕЖИМЕ САМОРЕГУЛИРОВАНИЯ

Беспалов В.В.- аспирант, Дорош А.Б.- соискатель,

Халина Т.М. - д.т.н., профессор кафедры ОЭ

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Для исследования зависимости удельного объемного сопротивления электропроводного слоя от изменения температуры была выбрана партия многоэлектродных композиционных электрообогревателей (МКЭ-1) [1] из слабонаполненных (30÷35 м.ч. технического углерода(ТУ)) бутилкаучуков. Измерения проводились при температуре окружающей среды 18÷20 °С, образец располагали на деревянном основании, на электрообогреватель подавалось напряжение 220 В, частотой 50 Гц, через каждые пять минут в течение первого часа и через каждые десять в течение второго измерялись напряжение, ток, проходящий через электрообогреватель, и температура на его поверхности. Измерения проводились в течение 2 часов.

Затем по известным формулам были рассчитаны значения удельных объемных сопротивлений. Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

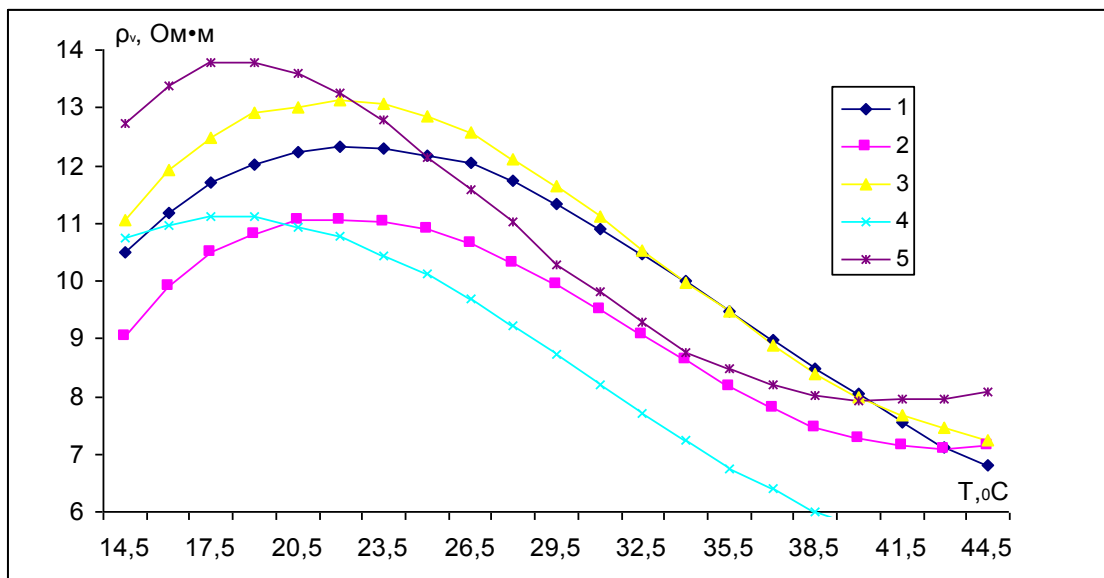


Рисунок 1 – Зависимости удельного объемного сопротивления партии образцов МКЭ-1 от температуры

Таблица 1 – Результаты расчетов удельного объемного сопротивления партии образцов МКЭ-1

T, °C	Удельное объемное сопротивление, ρ_v , Ом*м				
	1 образец	2 образец	3 образец	4 образец	5 образец
14,5	10,4	9,13	11,0	10,6	12,7
16,0	11,2	9,83	11,9	11,0	13,4
17,5	11,6	10,4	12,4	11,0	13,7
19,0	12,0	10,7	12,8	11,0	13,8
20,5	12,3	11,0	13,0	10,9	13,6
22,0	12,3	11,0	13,1	10,7	13,2
23,5	12,3	11,0	13,0	10,4	12,8
25,0	12,2	10,9	12,7	10,0	12,2
26,5	11,9	10,5	12,5	9,64	11,6
28,0	11,6	10,2	12,0	9,17	10,9
29,5	11,3	9,87	11,6	8,67	10,3
31,0	10,9	9,52	11,1	8,14	9,71
32,5	10,4	9,09	10,6	7,65	9,31

0	34,0	6	10,0	8,65	6	10,0	7,27	8,82
0	35,5		9,55	8,14		9,50	6,83	8,51
0	37,0		9,01	7,79		8,88	6,37	8,14
0	38,5		8,54	7,46		8,41	6,03	8,07
0	40,0		7,99	7,24		7,98	5,85	7,97
0	41,5		7,59	7,08		7,60	5,60	7,89
0	43,0		7,15	7,13		7,46	5,51	8,01
0	44,5		6,79	7,18		7,28	5,55	8,00

У партии образцов после достижения определенной температуры наблюдается снижение удельных объемных сопротивлений, что свидетельствует об отрицательном температурном коэффициенте, присущем полимерным полупроводниковым материалам [2]. Характер приведенных зависимостей показывает преобладание связей проводящий наполнитель – проводящий наполнитель по отношению к связям полимер – проводящий наполнитель в резистивной фазе КМ, сложившееся в результате усиления тепловой эмиссии электронов в бутилкаучуковой матрице, увеличения их подвижности и осуществления перемещения зарядов в местах разрыва токопроводящих цепочек за счет туннельного эффекта. Это обстоятельство делает возможным работу МКЭ в энергоэффективном режиме саморегулирования [3, 4]. В данном случае рецептура композиции в отличие от высоконаполненных полимеров содержит: 30-35 м.ч. ТУ, уменьшенное количество жирных органических кислот, например, стеариновой кислоты (до 2,5 м.ч.); вследствие этого при технологии изготовления следует увеличить время смешения до 9 мин., температуру вулканизации снизить до 165⁰С при давлении 11 МПа, время вулканизации - 30 мин., температуру выгрузки смеси довести до 180⁰С.

Таким образом, направленным изменением ингредиентов композиции и регулированием технологического регламента изготовления получим МКЭ, обеспечивающие работу в режиме саморегулирования. При работе в этом режиме в отдельных случаях необходимо устанавливать терморегулирующие устройства.

Литература

- 1 Пат. 2177211 РФ, МПК Н 05 В 3/28. Гибкий композиционный электрообогреватель / Т.М. Халина - № 2000119089/09; заявл. 18.07.2000; опубл. 20.12.2001, Бюл. № 35.
- 2 Герасимович, Л.С. Низкотемпературные электрообогреватели в сельском хозяйстве / Л.С. Герасимович, В.П. Степанцов, В.А. Коротинский и др.; Под общ. ред. Л.С. Герасимовича / Минск: Ураджай, 1984. - 118 с.
- 3 Марсов, В.Ю. Технологии и технические средства на основе композиционных электрообогревателей в животноводстве: дис... канд. техн. наук / В.Ю. Марсов. - Барнаул, 2006. - 137 с.
- 4 Дорош, А.Б. Оценивание функционирования технических средств поверхностно-распределенного обогрева в АПК методами неразрушающего контроля / А.Б. Дорош, М.Н. Строков, Т.М. Халина, М.В. Халин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2009. - № 5 - С. 10 - 12.