

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ОБОГРЕВА СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЩИТОВ УЧЕТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

Т.М. Халина, Г.А. Пугачев, М.Н. Строков

В целях достоверного определения реального потребления электрической энергии на производство сельхозпродукции, осуществления контроля за ее нерациональным расходом и хищением, проведения политики энергосбережения на основании Постановления Администрации Алтайского края №658 от 10.11.97 и Положения «О внедрении приборов раздельного учета электроэнергии в хозяйствах агропромышленного комплекса» от 26.12.97, постановления совещания-семинара «Организация раздельного учета электроэнергии как основное направление решения проблемы энергосбережения» от 04.03.99 были разработаны мероприятия по проектированию и установке приборов раздельного учета электроэнергии. Эти мероприятия включают комплектацию щитов учета электроэнергии (выбор типа счетчика, температурного режима, трансформаторов тока и мест их установки), разработку эффективной системы электрообогрева счетчиков в щитах учета в холодное время года.

Особенно актуальным последнее положение является для регионов Сибири, где до 60% щитов учета устанавливается в открытых и неотапливаемых помещениях.

Практика эксплуатации щитов учета электроэнергии на предприятиях агропромышленного комплекса Алтайского края также выявила необходимость создания эффективной регулируемой системы электрообогрева счетчиков электроэнергии для поддержания заданной температуры в зоне расположения счетчика, включающей тип и мощность электрообогревателя, место его расположения в щите, устройство автоматического регулирования температуры в требуемом диапазоне.

Неэффективность известных способов обогрева, в том числе на основе резисторов ПЭВ и ламп накаливания объясняется рядом причин: использованием значительной мощности для электрообогрева, неравномерностью обогрева поверхности счетчика, малой наработкой на отказ элементов нагрева.

Предлагаемая система электрообогрева однофазных и трехфазных счетчиков индукционного типа в щитах раздельного учета электроэнергии основана на применении низкотемпературных гибких многоэлектродных композиционных электрообогревателей (ГМКЭ) пластинчатого типа, обеспечивающих требуемую температуру на поверхности нагрева [1]. Система электрообогрева предусматривает использование терморегулирования в течение периода эксплуатации, при этом ГМКЭ включается только при температуре окружающей среды ниже 0 °С.

Низкотемпературный поверхностно-распределенный локальный электрообогрев, обеспечиваемый ГМКЭ, является наиболее энергоэффективным и экономичным видом электрообогрева в сельскохозяйственном производстве [2]. Кроме того, разработанные электрообогреватели отвечают требованиям электробезопасности, надежности, стойкости к агрессивным средам и обладают необходимыми физико-механическими и электрофизическими свойствами.

Конструкция электрообогревателя состоит из плоского электропроводящего композиционного слоя с размещенной в нем системой n-электродов, закапсулированного между изоляционными слоями. В качестве электропроводящего материала используется бутилкаучук БК-1675 с наполнителем в виде технического углерода П-324 (П-245,234) и ряда ингредиентов для придания композиции необходимых пластических и эластических свойств. Материалом изоляционных слоев служит резина на основе бутилкаучука БК-1675 смоляной вулканизации.

Для целей эффективного проектирования ГМКЭ необходимо установить в явном виде зависимость электрической проводимости многоэлектродной системы от геометрических и эксплуатационных параметров электрообогревателей.

Для достижения поставленной цели использовался метод конформных преобразований и непосредственного определения напряженности электрического поля с учетом

математической аналогии между электростатическим и стационарным электрическим полями [3]. Получены аналитические зависимости и результаты расчета массивов численных значений электрической проводимости ГМКЭ в широком диапазоне изменения геометрических параметров системы [4].

Выполненные расчеты были использованы при проектировании и изготовлении по разработанной технологии промышленной партии ГМКЭ в количестве 15 тысяч штук на ОАО «Барнаульский шинный комбинат» и ООО «Восток-Латекс» в соответствии с сертификатом N РОСС RU АЯ 82 Н 00628. Гос. рег. №00230083 [5]. Основные технические характеристики ГМКЭ:

- напряжение питания, В $220 \pm 5\%$;
- удельная мощность, Вт/м² 1200;
- номинальная мощность, Вт $20 \div 40 \pm 10\%$;
- габариты *, мм 200x135x10;
- номинальная частота, Гц $50 \pm 2\%$;
- температура на поверхности
 - от +10°C до +125°C $\pm 25\%$
 - при температуре окружающей среды от +25°C до -40°C;
- масса, кг $0,35 \pm 2\%$;
- сопротивление изоляции 100 МОм;
- ток утечки на поверхности 0,032 мА;
- максимальная кратковременная температура на поверхности МКЭ-1 +150°C.

* по согласованию с изготовителем и заказчиком габаритные размеры, масса и температура на поверхности могут быть изменены.

С целью выявления наиболее целесообразной системы обогрева щитов учета электроэнергии с терморегулированием были проведены испытания по специальной программе в лаборатории ЛВИ ОАО «Барнаульский радиозавод» (протокол №1 от 07.06.99г.). Исследовались следующие нагревательные элементы:

- коврик-пояс производства ОАО «Алтайдизель» (г. Барнаул);
- подогреватели счетчиков на основе композиционного материала «ЭКОМ», выпускаемые ООО «ПНП Болид» (г. Новосибирск), в количестве 2 штук;
- резистор ПЭВ марки С5-35В75;
- пленочные нагреватели (г. Москва), в количестве 5 штук;
- гибкие многоэлектродные композиционные электрообогреватели, выпускае-

мые ОАО «Барнаульский шинный комбинат», в количестве 2 штук.

Температурный режим создавался в термобарокамере STB-100В, рассчитанной на диапазон температур -80÷+80°C. Показания снимались с помощью индикаторов температуры с датчиками В 727/1.

Нагревательные элементы крепились внутри щита учета в зависимости от их конструктивного исполнения. Коврик-пояс (ОАО «Алтайдизель») и ленточные нагреватели (г. Москва) надевались непосредственно на счетчик электроэнергии. ЭКОМ и гибкий многоэлектродный композиционный электрообогреватель устанавливались по обе стороны слева и справа в вертикальном положении счетчика с помощью уголков и скоб, закрепленных в щите. Резистор ПЭВ устанавливался внизу счетчика также с помощью несущей шпильки и уголков, закрепленных в щите учета.

Все нагревательные элементы подключались на переменное напряжение 220 В, потребляемый ими ток и активная мощность контролировались прибором К505 классом точности 0,5.

Испытания проводились следующим образом. Полностью укомплектованный щит учета ставился в вертикальном положении в термобарокамеру, к нему подсоединялось трехфазное электропитание и нагрузка, состоящая из воздушного электрокалорифера, мощностью 3,6 кВт. К индикаторам температуры подсоединялись датчики контроля температуры. На пульте управления термобарокамерой устанавливался предел охлаждения -40°C; затем – порог срабатывания на терморегуляторе. После этого включалось питание щита учета, нагрузки, запускалась на охлаждение термобарокамера и снимались показания индикаторов температуры для определенного времени, контролируемого секундомером.

Анализ результатов испытаний в соответствии с протоколом от 07.06.99, утвержденным ФГУ «Алтайгосэнергонадзор» и филиалом «Энергосбыт» ОАО «Алтайэнерго», показал следующее:

1. Нагревательные элементы в виде коврика-пояса производства ОАО «Алтайдизель», резистора ПЭВ, ленточного нагревателя не обеспечивают температурных условий эксплуатации счетчика и не могут быть использованы для приме-

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ОБОГРЕВА СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
НА ОСНОВЕ МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ
ЩИТОВ УЧЕТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК**

нения в качестве подогрева счетчиков в щитах учета электроэнергии.

2. Композиционные электрообогреватели ГМКЭ и подогреватели счетчиков на основе композиционного материала ЭКОМ выдержали испытания при пониженной температуре окружающего воздуха до -40°C и рекомендуются для использования в устройствах электрообогрева счетчиков в щитах учета электроэнергии с автоматическим регулированием температуры, при этом требуемая мощность составила 70-75 Вт; установка электрообогревателей этих типов должна выполняться в вертикальном положении по обеим сторонам счетчика.

3. Вариант использования композиционных электрообогревателей ГМКЭ для обеспечения положительной температуры при работе трехфазного счетчика в холодное время года более предпочтителен, чем подогреватели ЭКОМ по следующим обстоятельствам:

- система обогрева на основе композиционных электрообогревателей ГМКЭ предусматривает их параллельное включение, а электрообогреватели ЭКОМ допускают только последовательное включение;
- монтаж композиционных электрообогревателей ГМКЭ более удобный в щите учета, в том числе за счет простоты изменения габаритных размеров;
- композиционные электрообогреватели ГМКЭ обладают высокой степенью устойчивости к механическим повреждениям.

4. Для надежной организации электрообогрева необходимо обеспечить авто-

матическое регулирование температуры в зоне расположения счетчика, которое может быть осуществлено за счет термовыключателя с самовозвратом ТРМ-11, отрегулированного на температуру $+5^{\circ}\text{C}$, или электронным терморегулятором ЭТР1.0.

В связи с доказанной эффективностью применения композиционных электрообогревателей ГМКЭ (МКЭ-1) в системах электрообогрева они были использованы в щитах учета (ЩУ) электроэнергии ЩУ-А-250 УХЛ-2, изготовленных ОАО «Первомайское Агропромэнерго» в соответствии с ТУ-3433-006-02067824-2002 – 2800 шт., ООО «Спецмонтажрегион» - 2650 шт. в соответствии с ТУ-3433-005-02067824-2002 исполнений УХЛ4-С и У2-С.

Схема электрическая принципиальная ЩУ ОАО «Первомайское Агропромэнерго» с системой электрообогрева на основе МКЭ-1 приведена на рисунке 1.

При проведении приемных испытаний испытательной лабораторией ЭЗ ФГУ «Алтайгосэнергонадзор» по ГОСТ Р51321.1-2000 была проведена проверка превышения температуры комплектующих узлов ЩУ в условиях номинального тока и напряжения.

Измерения проводились при включенном электрообогревателе МКЭ-1, так как в представленном исполнении ЩУ-А-250 УХЛ-2 отсутствует терморегулирование.

Значения испытательных токов и напряжений приведены в таблице 1. Результаты измерений превышения температуры элементов ЩУ приведены в таблице 2.

Продолжительность испытаний – 22 часа.
Схема испытаний приведена на рисунке 2.

Таблица 1

№ п/п	Наименование цепей ЩУ	Номинальные данные		Значения испытательных параметров	
		ток, А	напряжение, В	ток, А	Напряжение, В
1	2	3	4	5	6
1	Главные токоведущие цепи щита учета (вводной рубильник, соединительные шинки, первичные обмотки трансформаторов тока)	300	380	300,0	-
2	Токковые цепи учета (вторичные обмотки трансформаторов тока, токовые цепи счетчика)	5	-	5,0	-
3	Цепи напряжения счетчика	-	380	-	$380\pm 5\%$
4	Цепи обогрева счетчика	-	220	0,170	$220\pm 5\%$

Таблица 2

№ п/п	Обозначение по схеме испытаний, наименование точек измерения температуры	Установившееся значение температуры, °С	Значение превышения температуры, °С	Допустимое значение превышения температуры, °С
1	2	3	4	5
1	T1. Крышка щитка	42,0	13,0	30
2	T2. Рукоятка рубильника	36,0	7,0	25
3	T3. Корпус щитка	52,0	23,0	30
4	T4. Корпус счетчика	62,0	33,0	40
5	T5. Корпус рубильника	68,0	39,0	40
6	T6. Корпус трансформатора тока фазы А (ТТА)	58,0	29,0	40
7	T7. То же ТТВ	60,0	31,0	40
8	T8. То же ТТС	62,0	33,0	40
9	T9. Вводной контакт щитка учета (верхний неподвижный контакт рубильника фазы А)	74,0	45,0	70
10	T10. То же фазы В	82,0	53,0	70
11	T11. То же фазы С	64,0	35,0	70
12	T12. Токоведущий подвижный контакт рубильника фазы А	68,0	39,0	40
13	T13. То же фазы В	67,0	38,0	40
14	T14. То же фазы С	69,0	40,0	40
15	T15. Отходящий неподвижный контакт рубильника фазы А	66,0	37,0	65
16	T16. То же фазы В	62,0	33,0	65
17	T17. То же фазы С	66,0	37,0	65
18	T18. Соединительная алюминиевая шина от рубильника до трансформатора тока фазы А	82,0	53,0	55
19	T19. То же фазы В	72,0	43,0	55
20	T20. То же фазы С	66,0	37,0	55
21	T21. Верхний контакт первичной обмотки трансформатора тока фазы А	64,0	35,0	55
22	T22. То же фазы В	58,0	29,0	55
23	T23. То же фазы С	59,0	30,0	55
24	T24. Отходящий контакт щитка учета (нижний контакт первичной обмотки трансформатора тока) фазы А	59,0	30,0	70
25	T25. То же фазы В	65,0	36,0	70
26	T26. То же фазы С	68,0	39,0	70

По заключению приемных испытаний превышение температуры элементов ЩУ соответствует нормам нормативно-технической документации по ГОСТ Р51321.1-2000.

На основании проведенного анализа систем обогрева сформулированы следующие рекомендации:

- учитывая опыт научно-исследовательских и опытно-конструкторских

разработок и результаты испытаний различных вариантов систем электрообогрева однофазных и трехфазных счетчиков электроэнергии, рекомендовать использование в щитах отдельного учета электроэнергии в хозяйствах АПК системы электрообогрева с терморегулированием на базе гибких много-

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ОБОГРЕВА СЧЕТЧИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
НА ОСНОВЕ МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ
ЩИТОВ УЧЕТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК**

электродных композиционных электрообогревателей МКЭ-1;
- на основании технического отчета по результатам испытаний щитов учета №013-02 и №012-02 от 20.08.2002 г. испытательной лаборатории ЭЗ ФГУ «Алтайгосэнергонадзор» и протокола квалификационных испытаний № ИЛ-01/0073 от 12.09.2002 г. испытательной лаборатории ФГУ «Алтайский ЦСМ» подтверждено соответствие представленных образцов щитов учета электроэнергии ЩУ с вышеуказанной системой электрообогрева техническим условиям ТУ3433-005-0207824-02 для ООО «Спецмонтаж-Регион» и ТУ3433-006-027824-02 для ОАО «Первомайское Агропромэнерго», а также требованиям

ГОСТ Р 51321.3-99 и рекомендован серийный выпуск указанных ЩУ ООО «Спецмонтаж-Регион» и ОАО «Первомайское Агропромэнерго»;
- расширить положительный опыт внедрения щитов учета электроэнергии с использованием МКЭ-1, изготовленных ОАО «Первомайское Агропромэнерго» и ООО «Спецмонтаж-Регион», на предприятиях АПК Алтайского края ввиду отсутствия претензий и рекламаций на выпущенную продукцию (срок гарантийной наработки на отказ не менее 20 000 час) и рассматривать его, как одно из направлений решения проблемы энергосбережения.

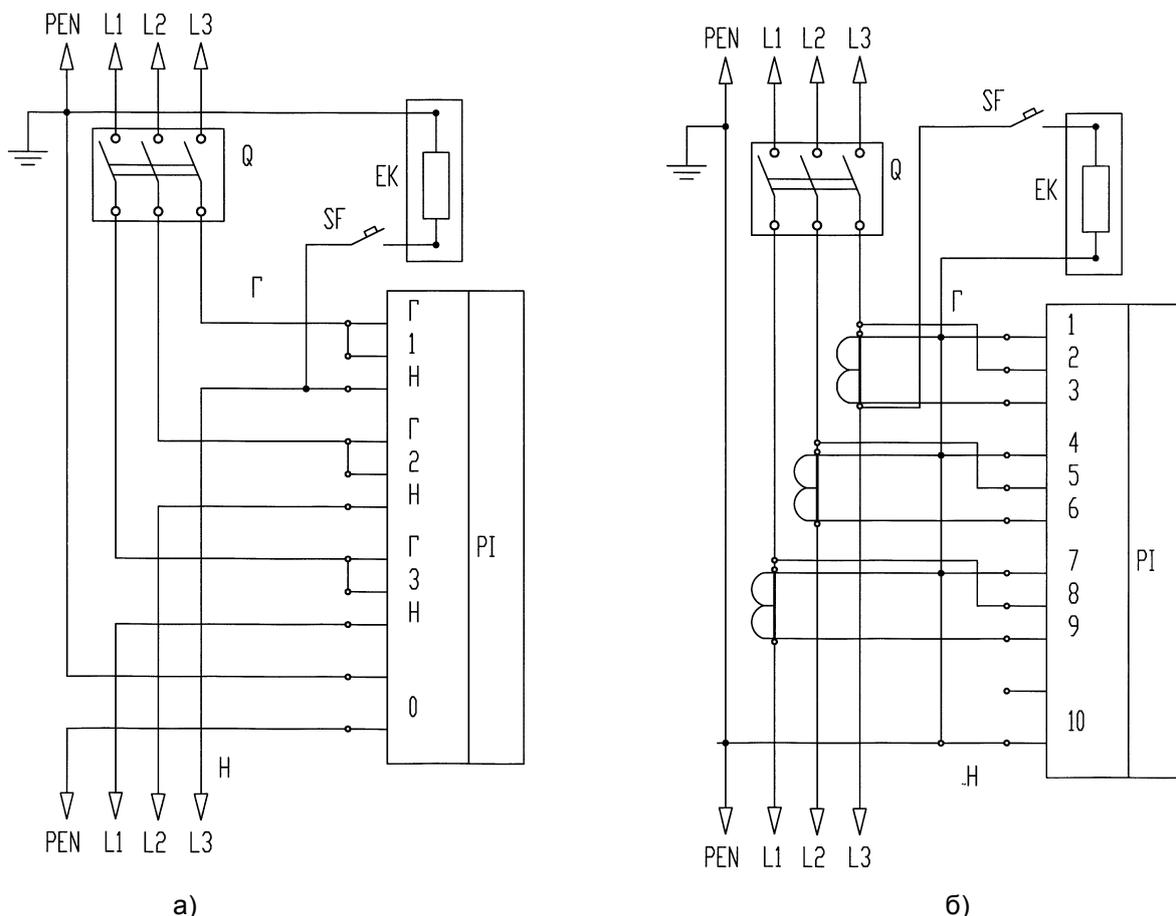


Рисунок 1 – Схема электрическая принципиальная ЩУ со счетчиком прямого включения (а) и включения через трансформаторы тока (б). (SF – автоматический выключатель с терморегулированием, PI – электрический счетчик, Q – вводной разъединитель (исполнение ЩУ-А – автоматический выключатель, исполнение ЩУ-В – рубильник), ЕК – нагревательный элемент МКЭ-1 (только для исполнения УХЛ2)

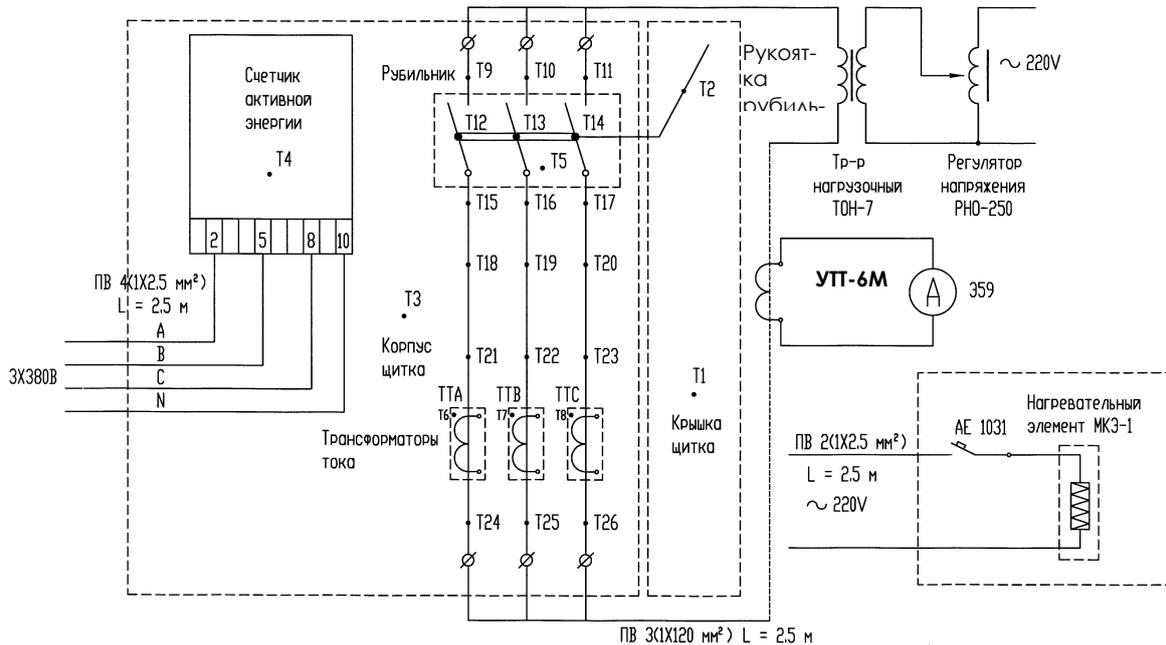


Рисунок 2 – Схема испытаний превышения температуры комплектующих ЩУ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ №2177211. Гибкий композиционный электрообогреватель /Т. М. Халина. – Оpubл. В БИ, 2001, №35.
2. Низкотемпературные электрообогреватели в сельскохозяйственном производстве/ Л. С. Герасимович, В. П. Степанцев, В. А., Коротинский и др. Под общ. ред. Л. С. Герасимовича. – Минск.: Ураджай, 1984. – 118 с.
3. Иоссель Ю. Я., Кочанов Э. С., Струнский М. Г. Расчет электрической емкости. 2-ое изд. Л.: Энергоиздат, 1981.
4. Халина Т. М. Расчет электрической проводимости между системами электродов в композиционном электрообогревателе // Электричество. – 2003. - №10. – С. 53-61.

5. ТУ 3468-007-02067824-02 Многоэлектродные композиционные электрообогреватели (МКЭ) / Разработчик Т. М. Халина. – Барнаул, 2003 г.
6. Халин М. В., Халина Т. М., Сутормин А. В., Морозов С. П., Тарабанов В. Л. Анализ различных способов обогрева трехфазных счетчиков в щитах раздельного учета электроэнергии // Труды СО АИН РФ. – Барнаул: АлтГТУ, 2000 – С. 50-55.

*Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова.
Новосибирская инженерно-строительная академия
Инженерный центр «Планета»*