

канд. техн. наук **БОДНАР Г.Й.** / dr **BONDAR G.I.**<sup>1</sup>  
**ШАПОВАЛОВ О.В.** / **SHAPOVALOV O.V.**<sup>1</sup>

Przyjęty/Accepted/Принята: 17.12.2013;  
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 29.01.2014;  
Opublikowany/Published/Опубликована: 31.03.2014;

## **ВЫБОР ВИДА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ТУРИСТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ<sup>2</sup>**

### **Selection and Substantiation of the Power Supply Parameters for Fire Protection Systems Installed in Tourism Industry Buildings**

#### **Dobór sposobu i parametrów zasilania systemów ochrony przeciwpożarowej w obiektach turystycznych**

##### **Аннотация**

**Цель:** В статье рассмотрена проблема эффективности работы системы внутреннего противопожарного водоснабжения объектов туристической отрасли с точки зрения их обеспеченности электрическим питанием в различных ситуациях и условиях работы, а также предложены способы ее решения.

**Введение:** Развитие туристической отрасли в стране связанное с проведением различного типа мероприятий международного характера привело к интенсивному строительству и реконструкции объектов для предоставления туристам комфортных условий проживания. Для обеспечения этих условий многие объекты располагаются в живописных местах удаленных от населенных пунктов. В связи с этим объекты ограничены в потреблении определенных средств таких как электроэнергия, вода, транспортные коммуникации. С целью обеспечения защиты людей и имущества от пожара, необходимо обеспечить бесперебойное обеспечение электроэнергией системы противопожарной защиты в том числе и систему внутреннего противопожарного водоснабжения. Анализируя существующие источники автономного питания и учитывая стремительное развитие техники, особенно в электронной и полупроводниковой сфере, было определено что для обеспечения резервным питанием, согласно руководящих документов, потребителей первой категории по электрообеспечению, к которым относится системы противопожарной защиты, оптимальным решением будет использование аккумуляторных батарей в комплексе с автономными инверторами напряжения.

**Методология:** В процессе работы были проведены аналитические исследования количественных показателей отключения линий электропередач и обесточивания населенных пунктов, создана математическая модель источника резервного питания от аккумуляторных батарей с автономными инверторами напряжения для системы внутреннего противопожарного водоснабжения используя теорию моделирования электромашиноинвентильных систем, а также для определения адекватности модели и проведения экспериментов создана, испытана экспериментальная установка.

**Выводы:** Указанный способ резервирования электропитания системы противопожарного водоснабжения с помощью аккумуляторных батарей и автономных инверторов напряжения, обеспечивает необходимые параметры электроэнергии на протяжении расчетного времени, необходимого для прибытия оперативно-спасательных подразделений, осуществляет более быстрый пуск, по сравнению с иными источниками питания при неблагоприятных погодных условиях, не требует переоборудования существующих и эксплуатирующихся систем, и особых условий эксплуатации, при этом повышает эффективность использования системы приблизительно в полтора раза.

**Ключевые слова:** пожар, противопожарное водоснабжение, система противопожарной защиты, аккумуляторная батарея, автономный инвертор напряжения, электрическое питание

**Вид статьи:** оригинальная научная работа

<sup>1</sup> Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности; Адрес: Украина, 79000, Львов, ул. Клепаровская, 35; электронная почта ldubzh.lviv@mns.gov.ua / Lviv State University of Life Safety; address: Ukraine, 79000, Kleparivska St., 35; e-mail: ldubzh.lviv@mns.gov.ua

<sup>2</sup> Процентное соотношение участия в подготовке статьи: Боднар Г.Й. – 50%, Шаповалов О.В.– 50% / Percentage contribution: Bondar G.I. – 50%, Shapovalov O.V. – 50%

**Abstract**

**Purpose:** The article presents the issue of the effectiveness of the internal fire protection water supply systems in tourism facility buildings in terms of providing them efficient power supply in different situations and working conditions. The authors discuss the ways to tackle this issue.

**Introduction:** The development of the tourism industry in the country together with various types of international events led to the increase in construction and reconstruction sector activity. The construction boom was provoked by the need to provide tourists with comfortable living conditions. What is more, to ensure these conditions, many objects were built in scenic locations far away from human settlements. For this reasons the buildings are confined to the limited consumption of resources such as electrical power, water and transport communications. In order to protect people and their property from fires, it is essential to ensure an uninterrupted power supply to the fire protection systems, including the internal fire protection water supply system. Having analyzed the existing standby energy sources and the rapid development of technology, especially in the electronic and semiconductor field, the authors determined that in order to provide the backup power to the first category consumers of power supply, which include fire protection system, the optimal solution would be to use rechargeable batteries with autonomous voltage inverters.

**Methodology:** The authors carried out the quantitative analysis of transmission power lines failures and power blackouts in settlements. With the use of the modelling theory of systems the authors designed a mathematical model for backup power from batteries with standby voltage inverters for the internal fire protection water supply system. The adequacy of the model was proved by the experiments carried out at the experimental stand.

**Conclusions:** The discussed method of providing backup power to fire protection water supply system with the use of batteries and standalone voltage converters provides necessary parameters for the estimated time required for the arrival of fire operational units. What is more, the method enables to switch on the system more quickly in comparison to other power sources in the conditions of adverse weather. Moreover, it does not require retrofitting of existing and already used systems or special operating conditions, thus the efficiency of the system is improved by about 150 percent.

**Keywords:** fire, fire protection water supply, fire protection system, battery, standalone voltage converter

**Type of article:** original scientific article

**Abstrakt**

**Cel:** W artykule omówiono kwestię efektywności pracy wewnętrznej instalacji wodociągowej przeciwpożarowej w obiektach turystycznych z punktu widzenia jej zasilania w różnych sytuacjach i warunkach pracy, a także zaproponowano możliwe rozwiązania w tym zakresie.

**Wprowadzenie:** Rozwój gałęzi turystycznej w państwie związany z organizacją różnego rodzaju przedsięwzięć o charakterze międzynarodowym przyczynił się do intensywnego budownictwa i rekonstrukcji obiektów mających na celu zapewnienie turystom komfortowych warunków pobytu. Dlatego też wiele obiektów zlokalizowanych jest w malowniczych punktach z dala od obszarów zamieszkałych. Takie budynki mają mniejsze możliwości korzystania określonych zasobów takich jak elektryczność, woda, komunikacja. Aby ochronić ludzi oraz ich majątki przed skutkami pożaru, konieczne jest zapewnienie regularnej dostawy energii elektrycznej do systemów ochrony przeciwpożarowej w tym wewnętrznej instalacji wodociągowej przeciwpożarowej. Analizując wykorzystywane dziś autonomiczne źródła zasilające oraz biorąc pod uwagę szybki rozwój techniki, szczególnie w sferze elektroniki i półprzewodników, ustalono, że do zapewnienia zasilania rezerwowego, zgodnie z dokumentami regulacyjnymi – użytkownikom systemów ochrony przeciwpożarowej pierwszej kategorii, optymalnym rozwiązaniem będzie wykorzystanie baterii akumulatorowych w zestawie z autonomicznymi przetwornikami napięcia.

**Metodologia:** W procesie opracowywania artykułu przeprowadzono analizę ilościową przypadków wyłączenia sieci wysokiego napięcia i odcięcia energii na obszarach zamieszkałych. Opracowano model matematyczny rezerwowego źródła zasilania z akumulatorowych baterii z autonomicznymi przetwornikami napięcia dla wewnętrznej instalacji wodociągowej przeciwpożarowej, wykorzystując teorię modelowania systemów. W celu potwierdzenia słuszności modelu i przeprowadzenia eksperymentów opracowano i wykorzystano stanowisko eksperymentalne.

**Wnioski:** Przedstawiony sposób zapewnienia rezerwowych źródeł zasilania instalacji wodociągowej przeciwpożarowej przy pomocy baterii akumulatorowych i autonomicznych przetworników napięcia zapewnia niezbędne parametry energii elektrycznej w obliczonym czasie do przybycia jednostek ratowniczo-gaśniczych oraz pozwala na szybszą aktywację systemów w porównaniu z innymi źródłami zasilania przy niesprzyjających warunkach pogodowych. Co więcej, metoda ta nie wymaga modernizacji funkcjonujących i używanych systemów, a także szczególnych warunków użytkowania. Proponowane rozwiązanie zwiększa efektywność zasilanego systemu półtorakrotnie.

**Słowa kluczowe:** pożar, instalacja wodociągowa przeciwpożarowa, system ochrony przeciwpożarowej, bateria akumulatorowa, autonomiczny przetwornik napięcia, zasilanie elektryczne

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

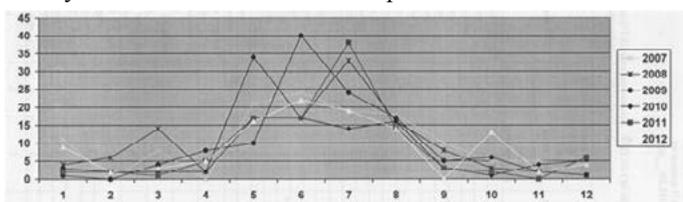
**1. Введение**

Учитывая требования нормативных документов НАПБ А.01.001-2004. «Правила пожежної безпеки в Україні», ДБН В.2.5-56:2010 «Системами протипожежного захисту», ПУЕ «Правила улаштування електрообладнання» системами протипожежної захисти оборудуются практически все здания и сооружения за небольшим исключением, которое предусмо-

рено этими же руководящими документами. Особые требования предъявляются к объектам с массовым пребыванием людей к которым относятся объекты туристической отрасли. Соответственно, наличие на таких объектах систем обнаружения и тушения пожара обязательно. Внедрение на объектах систем пожарной автоматики привело к положительным последствиям. Убытки, нанесенные пожарами на объек-

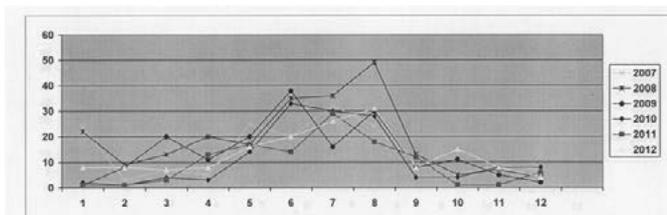
тах туризма и отдыха в 2012 году составляет 911 тыс. грн., что более чем в два раза меньше 2011 года (2454 тыс. грн.), и ни одно человек в пожарах на указанных объектах не погиб. В отличие от 2012 на протяжении 2011 года погибло 3 человека. Учитывая электрическую составляющую систем противопожарной защиты, к которым относятся: системы пожарной сигнализации (СПС), системы пожаротушения (СПТ), системы противодымной защиты (СПДЗ), системы оповещения и централизованного наблюдения (СОЦН), системы внутреннего противопожарного водоснабжения (ВПВ) обеспечения этих объектов электроэнергией становится первоочередной задачей при их строительстве и реконструкции. Питание систем противопожарной защиты относится к первой категории [1], которая предусматривает обязательное наличие резервного источника питания (ИП). Для выполнения этого требования предусмотрено использовать второй ввод электросети от трансформаторной подстанции или применять резервные генераторные установки с двигателем внутреннего сгорания.

Увеличение количества чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, которые приводят к отключениям объектов, городов и целых районов, что подтверждает статистика отключений линий электропередач «Львовоблэнерго». Она свидетельствует, что в 2012 году во Львовской области произошло 268 отключений линий электропередач напряжением 110-35 кВ. Из общего количества отключений, 17 возникло по причине повреждения оборудования, к которым относятся дефекты изоляции и проводников, 165 – возникло по причинам естественного происхождения (грозы, сильный ветер и снегопады). На рис. 1 приведены диаграммы отключений линий электропередач напряжением 35 кВ (рис. 1а) и 110 кВ (рис. 1б) по месяцам за 2007-2012 годы в регионе, обслуживает ОАО «Львовоблэнерго».



**Рис. 1а.** Диаграмма отключения ЛЭП напряжением 35 кВ (вертикальная ось - число отключений, горизонтальная ось - месяцы)

**Fig. 1a.** Failures of 35 kV transmission power lines (number of failures per month)



**Рис. 1б.** Диаграммы отключения ЛЭП напряжением 110 кВ (вертикальная ось - число отключений, горизонтальная ось - месяцы)

**Fig. 1b.** Failures of 110 kV transmission power lines (number of failures per month)

Из рисунка видно, что наибольшее число отключений происходит в летний период, когда люди находятся на отдыхе в отпусках. Поэтому приведенная статистика побуждает к разработке альтернативных автономных источников электрической энергии, обеспечивающие бесперебойную работу систем противопожарной защиты.

## 2. Результаты

Для удовлетворения требований руководящих документов [1] по обеспечению систем противопожарной защиты резервным питанием, в случае отсутствия возможности использования трансформаторных подстанций, необходимо предусмотреть использование альтернативных автономных источников питания. На сегодняшний день промышленностью выпускаются ряд автономных источников электрической энергии, которые имеют свои преимущества и недостатки.

Самыми распространенными автономными источниками электрической энергии являются генераторные установки с двигателями внутреннего сгорания (дизельные, бензиновые). Основным элементом, который объединяет генераторные установки всех производителей есть двигатель внутреннего сгорания, для работы которого используется топливо и смазочные материалы на основе нефтепродуктов. Несмотря на значительный прорыв в разработке и изготовлении двигателей, которые используются в генераторных установках, для обеспечения их стабильной работы все больше начали уделять внимание электронным управляющим устройствам, которые значительно повышают себестоимость изделия. Поэтому производитель ограничивает применение сложных систем управления заменяя их упрощенными системами, чтобы быть конкурентоспособным.

Генератор с двигателем внутреннего сгорания представляет собой опасность, связанную с использованием горючих и легковоспламеняющихся веществ и наличием собственных источников зажигания. Установленный в помещении генератор со временем нагревается, нагретые его части могут быть источниками зажигания. Сочетание этих факторов может быть причиной возникновения пожара. Известны факты когда именно генераторные установки были причиной чрезвычайных ситуаций. Кроме этого такие установки побуждают шумы.

Перспективным направлением развития альтернативной энергетики является использования энергии воздушных потоков. Принцип новый и внедряется на территориях, наиболее пригодных для такого вида преобразования энергии. Этому предшествует глубокое изучение климатических условий определенного региона. Но возможность применения такого вида генерирующих станций имеет ряд существенных недостатков, которые не дают возможности использования в качестве резервных источников электроэнергии для питания систем с повышенными требованиями к энергообеспечению. Это такие недостатки, как:

- нестабильность, которая заключается в отсутствии гарантий получения необходимого количе-

ства электроэнергии. На некоторых участках суши силы ветра может оказаться недостаточно для выработки необходимого количества электроэнергии;

- относительно невысокий выход электроэнергии. Ветровые генераторы значительно уступают в выработке электроэнергии дизельным генераторам, что приводит к необходимости установки сразу нескольких турбин. Кроме того, ветровые турбины неэффективны в период пиковых нагрузок;
- стоимость установки влияет на цену электроэнергии и окупаемость.

Подобные системы используются, как дополнительные мощности в пиковые времена нагрузки основных электросетей для поддержания их параметров.

Еще одним достаточно перспективным направлением развития энергетики является внедрение электрогенерирующих солнечных элементов. Экологически чистый вид энергии способен питать различные по объему электрические системы, но использование указанного способа генерирования электрической энергии для резервирования питания систем противопожарной защиты невозможно по ряду причин.

Одними из основных причин, препятствующих внедрению использования энергии солнца это высокая цена и сложность установки солнечных батарей. Для функционирования солнечной батареи нужно достаточное количество солнечных дней. Это событие не позволяет воспользоваться данным источником в тех районах Земли, где огромное количество облачных дней, особенно в зимнее время. Время суток (ночь) влияет на возможность производить электрическую энергию. Солнечные батареи занимают достаточно большую площадь, что также делает дополнительные трудности при их размещении на территории объектов [2].

Известным и широко используемым резервным источником электрической энергии есть аккумуляторные батареи (АБ). Современная промышленность выпускает большой спектр АБ различного назначения, которые отличаются друг от друга основными своими параметрами, величиной напряжения, емкостью, размерами и весом. При необходимости есть возможность выбрать АБ, подходящий по параметрам с существующими требованиями потребителей. К преимуществам АБ можно отнести способность сохранять определенный заряд энергии на протяжении длительного времени. В случае необходимости АБ может отдавать энергию высокой плотности электропотребителю. Отсутствие в АБ инерционности уменьшает время пуска в работу любой системы до минимального.

На основе сравнения основных характеристик АБ, к которым относятся энергетическая плотность электроэнергии, внутреннее сопротивление, саморазряд, число циклов заряд-разряд, ток нагрузки и диапазон рабочих температур, лучшие по характеристикам для применения в качестве резервного питания систем

противопожарной защиты могут быть литий-ионные, литий-полимерные и кислотные АБ.

Необходимым требованием при разработке автономного ИП с АБ для систем противопожарной защиты, в частности для ВПВ, и выборе составляющих элементов является согласование параметров питания асинхронного двигателя (АД) и ИП. В существующих системах ВПВ питание АД в приводе насосов-повысителей давления воды происходит от трехфазной сети переменного тока напряжением 380 вольт с частотой 50 Гц. Поэтому автономный ИП с АБ должен обеспечивать такие параметры. Используя схемы преобразования - автономные инверторы напряжения (АИН), напряжения АБ можно преобразовать в переменное напряжение трехфазного тока [3].

Технический уровень и технико-экономические показатели АИН, которые являются главной частью преобразователей частоты (ПЧ), в основном, определяются совершенством их основной элементной базы – силовых полупроводниковых приборов (СПП). Достижения микроэлектроники, вместе с успехами в силовом полупроводниковом приборостроении в решении проблем коммутации больших мощностей, позволили создать новые классы приборов силовой электроники, которые обладают свойствами полностью управляемых вентилях с высокими уровнями коммутируемых напряжений и токов при малых потерях и высокой производительности [5-7].

С развитием и появлением современной базы СПП в модульном исполнении на мировом рынке появилось много производителей АИН и соответственно ПЧ. Среди них есть не только всемирно известные гиганты - ABB (транснациональная компания), «Siemens», «Shneider», «Mitsubishi», «Yaskawa», «Hitachi» (Япония), «GoldStar» (Южная Корея), но и малые, как «Twerd» (Польша), «Triol» (Россия) и другие [6-8, 9]. Быстрые темпы роста и рынка сбыта АИН и ПЧ связаны прежде всего с появлением модулей на основе IGBT – транзисторов и GTO – тиристоров, рассчитанных на большие токи и напряжения и высокую частоту коммутации.

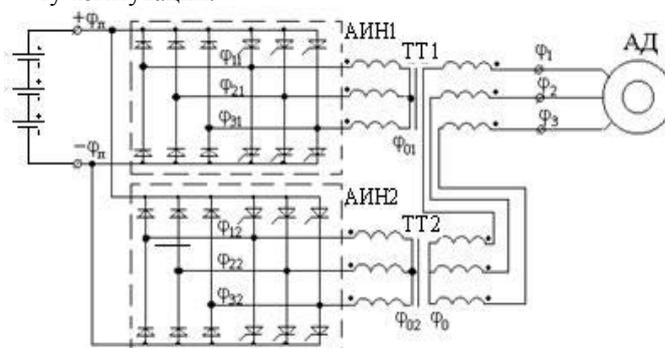


Рис. 2. Схема питания АД системы ВПВ от автономного ИП

Fig. 2. Standby power supply of the induction motor of the fire protection water supply system

С точки зрения формирования квазисинусоидного напряжения и компенсации высших гармоник, луч-

шие показатели по напряжению для питания АД можно достичь в схемах с каскадными инверторами напряжения (КИН) [3]. В этом случае трехфазное напряжение на выходе ИП формируется в результате сложения фазных напряжений с выходов АИН1 и АИН2, которые по входной цепи соединены параллельно, а выходами - через трехфазные трансформаторы ТТ1 и ТТ2 (рис. 2).

Формирование квазисинусоидного напряжения на выходе ИП происходит вследствие того, что между моментами включения соответствующих вентилях АИН1 и АИН2 во времени есть постоянное смещение на угол  $\alpha = \pi/6$ . Форма напряжения независит от величины нагрузки АД, поскольку в схеме используются АИН с продолжительностью включения вентилях  $\lambda = 2\pi/2$ .

Кривые напряжений на выходах АИН1 и АИН2, а также квазисинусоидная форма кривой напряжения на выходе ИП показана на рис.3.

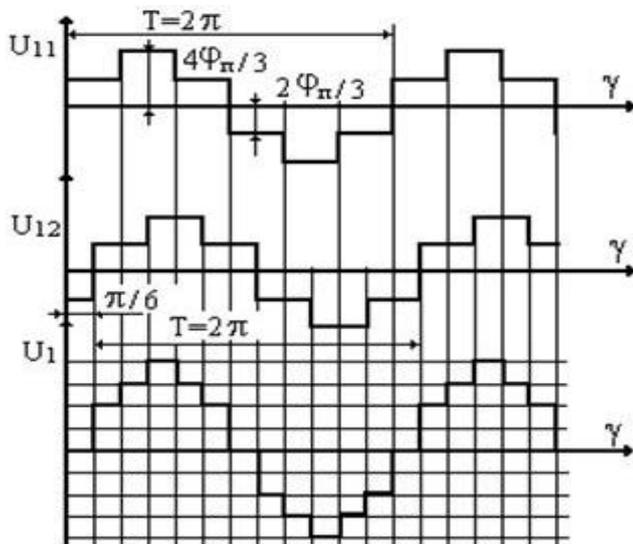


Рис. 3. Форма напряжения на выходах АИН1, АИН2 и на выходе ИП

Fig. 3. Output voltage form of an autonomous voltage inverter 1, autonomous voltage inverter 2 and output power supply

В схеме КИН возможна полная или частичная компенсация высших гармоник, поскольку при смещениях включений вентилях АИН и соответствующих схемах соединения обмоток трансформаторов ТТ высшие гармоники окажутся в противофазе.

Для уменьшения пусковых токов и соответственно потерь энергии в схеме автономного ИП для ВПВ предусмотрено управление процессом пуска АД по закону частотного регулирования.

$$U/f = \text{const.}$$

Функциональная схема автономного ИП для обеспечения резервирования питания АД системы ВПВ приведена на рис.4.

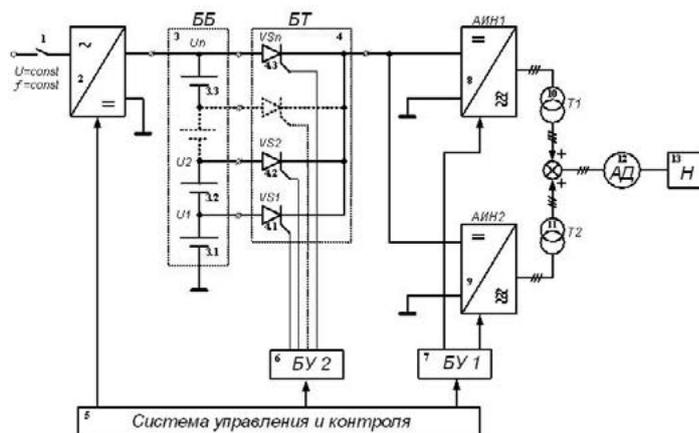


Рис. 4. Схема автономного питания и управления электроприводом водяного насоса

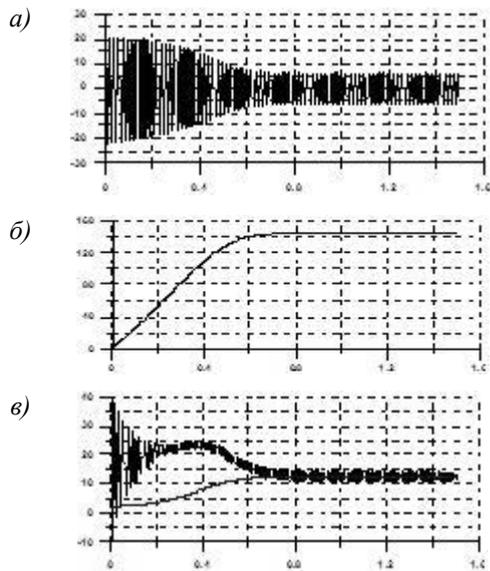
Fig. 4. Scheme of autonomous power supply and control of a motor controller of a water pump

В этой схеме предусмотрено частотный пуск АД и расчетное время работы привода насоса ВПВ (1 час), необходимое для пребывания оперативно-спасательных подразделений на место возникновения пожара. Время работы определено на основе статистических данных максимального время прибытия первого подразделения, предоставленного главным управлением ГСЧС во Львовской области и округлено в большую сторону до указанного значения.

Электропривод (рис. 4) содержит два трехфазных трансформатора 10, 11, два мостовые трехфазные АИН 8, 9, соединенный с ними блок управления 7, трехфазный двигатель АД переменного тока 12 и водяной насос 13. АИН питаются от блока АБ 3 через блок тиристоров 4, управление работой которого осуществляет блок управления 6. Для автоматического заряжания блока батарей и питания АИН1, АИН2 при наличии основного питания 1 системы ВПВ используется трехфазный выпрямитель 2. Согласование работы всех элементов путем формирования управляющих сигналов на блоки управления осуществляется системой управления и контроля 5.

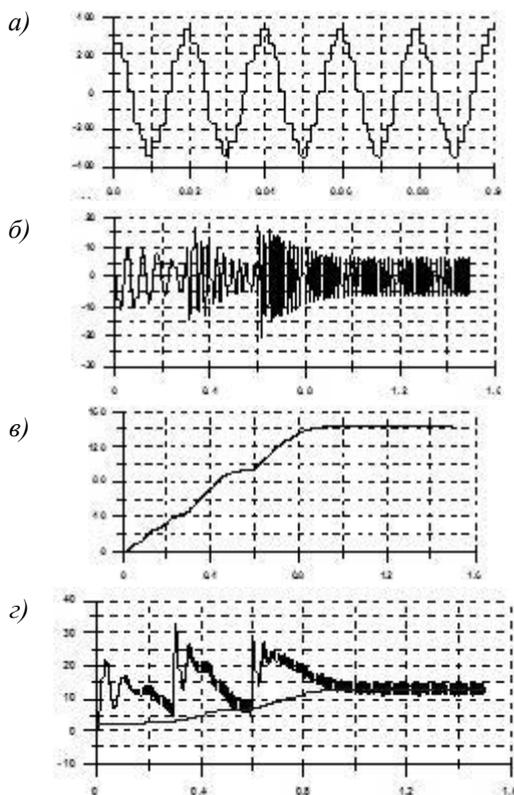
Для проведения исследований работы электропривода насоса ВПВ при питании АД от ИП с АБ создана математическая модель на основании теории моделирования электромашиноventильных систем [4]. Согласно выбранного подхода, математическая модель системы электропривода водяного насоса ВПВ формировалась путем композиции математических моделей отдельных элементов-многополюсников, а именно: источников питания, блока тиристоров, инверторов напряжения, трансформаторов (ТТ1, ТТ2), АД и системы управления.

Результаты моделирования приведенные на рис. 5, 6. Они подтверждают теоретические утверждения о возможности использования АБ с АИН в схемах автономного ИП для питания двигателя привода водяного насоса системы внутреннего противопожарного водоснабжения.



**Рис. 5.** Результаты моделирования: а) ток статора при прямом пуске АД; б) угловая скорость при прямом пуске АД; в) электромагнитный момент и момент нагрузки АД при прямом пуске.

**Fig. 5.** Modelling results: a) the stator current at direct start of an induction motor, b) the angular velocity at direct start of an induction motor, c) electromagnetic torque and load torque of an induction motor at direct start



**Рис.6.** Результаты моделирования при частотном пуске: а) квазисинусоидная форма кривой напряжения питания АД; б) ток статора при пуске АД от АБ ; в) угловая скорость при пуске АД от АБ; г) электромагнитный момент и момент нагрузки при пуске АД от АБ.

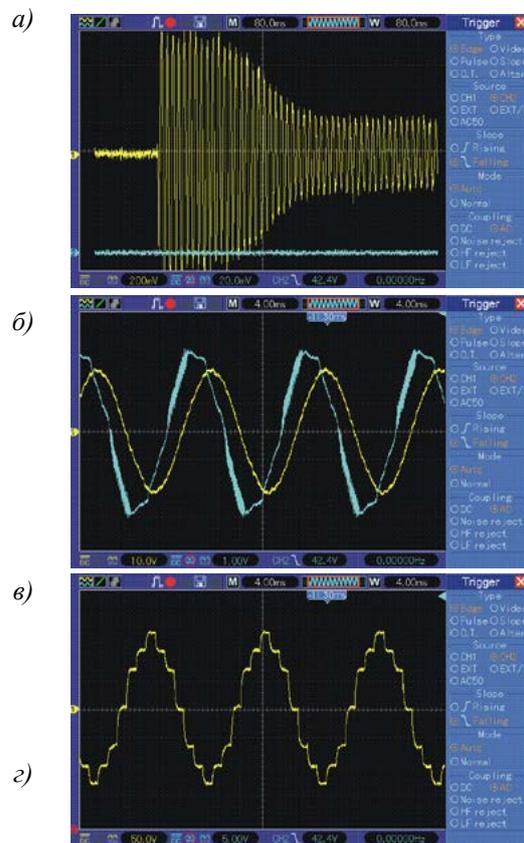
**Fig. 6.** The simulation results at indirect frequency start: a) the quasi sine wave form of voltage of an induction motor b) stator current during the start of an induction motor from rechargeable battery в) the angular speed at the start of an induction motor from a battery г) electromagnetic torque and load torque when starting of an induction motor from a battery

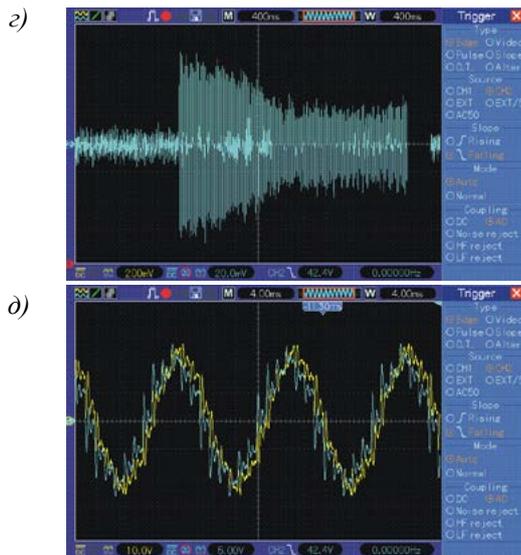
Для проверки адекватности математической модели создана экспериментальная установка на которой были проведены исследования по определению параметров автономного ИП с АБ для резервирования электропитания системы ВПВ. Внешний вид экспериментальной установки показан на рис.7.



**Рис.7.** Внешний вид экспериментальной установки  
**Fig. 7.** Exterior view of the experimental setup

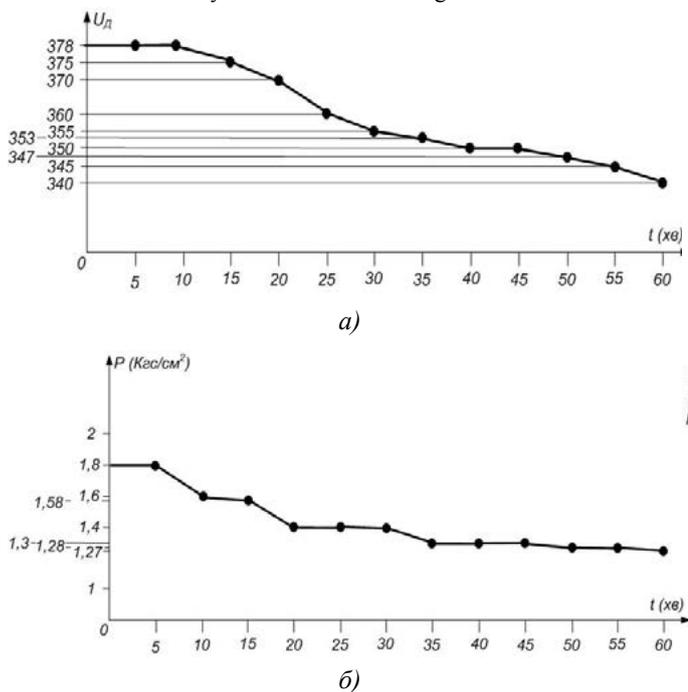
Результаты экспериментов показаны на рис. 8, 9. На рис. 8 показано кривые тока и напряжения питания АД от автономного ИП с АБ при пуске. На рис. 9 зависимость во времени выходного напряжения (рис.9.а) и давления насоса на протяжении работы привода насоса (1 час).





**Рис. 8.** Результаты экспериментов: а) ток статора при прямом пуске АД; б) форма напряжения и тока при прямом пуске АД; в) квазисинусоидная форма кривой напряжения питания АД при пуске; г) ток статора при пуске от АБ; д) форма кривой напряжения и тока при пуске АД от АБ с АИН.

**Fig. 8.** Experimental results: а) the stator current at the start of an induction motor, б) Voltage and current form at the direct start of an induction motor, в) the quasi sine wave form of an induction motor voltage when starting, г) stator current at the start of induction motor, д) voltage and current wave form at the start of an induction motor from a rechargeable battery with standalone voltage inverter



**Рис.9.** Результаты экспериментов: а) напряжение питания двигателя насоса, б) давление в системе внутреннего противопожарного водопровода.

**Fig. 9.** Experimental results: а) voltage supply of the pump motor, б) pressure in the fire protection water pipe system

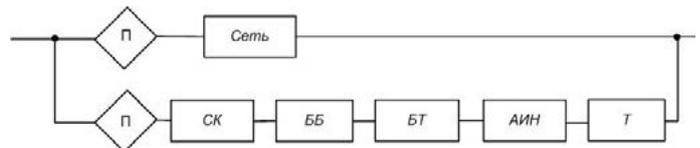
Сравнивая результаты исследований в обоих случаях можно утверждать, что максимальное расхождение между результатами моделирования и экспериментальными исследованиями (форма и характер

изменения тока и напряжений) составляет примерно 5%, что подтверждает высокий уровень математической модели, которая может быть использована для проектирования подобных автономных ИП с АБ для питания АД привода насоса систем ВПВ любой мощности.

Проведенные исследования процессов на экспериментальной установке подтвердили теоретические положения о возможности использования в качестве автономного резервного ИП системы ВПВ аккумуляторных батарей и правильных принятых допущений при разработке математической модели.

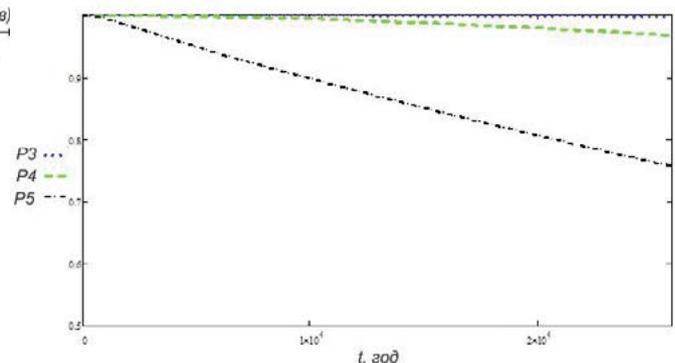
Чтобы определить надежность функционирования системы ВПВ с предложенной схемой резервирования электропитания определим вероятность безотказной работы системы с различными способами резервирования [12].

Рассмотрев различные схемы резервирования питания системы противопожарного водоснабжения, а именно от второго ввода подстанции, генераторной установки с двигателем внутреннего сгорания, и вышеуказанной схемы с АБ и АИН, логическая схема которой приведена на рис. 10, была определена зависимость вероятности безотказной работы системы ВПВ, рис. 11, при использовании вышеуказанных способов резервирования электропитания.



**Рис.10.** Логическая схема резервирования электропитания от АБ с АИН.

**Fig. 10.** Logic scheme of collecting power from rechargeable batteries with voltage converters



**Рис.11.** Зависимость вероятности безотказной работы системы противопожарного водоснабжения из предлагаемой схеме резервирования электропитания (P3), с резервированием питания от трансформаторной подстанции (P4), с резервированием питания от генераторной установки (P5)

**Fig. 11.** Dependence between the probability of failure-free operation of the fire protection water supply system taking advantage of proposed redundancy power supply scheme (P3), redundant power from the transformer substation (P4) and redundant power from the generating set (P5)

При использовании резервного автономного питания с системой управления указанной на рис. 4, коэф-

коэффициент увеличения вероятности безотказной работы системы внутреннего противопожарного водоснабжения определяется как

$$S_{P1} = \frac{P_{pl}}{P_{oc}} = 1,32 \quad (2)$$

в случае абсолютно надежного переключателя ( $\lambda_p = 0$ )

$$S_2 = \frac{P_{p2}}{P_{oc}} = 1,31 \quad (3)$$

с переключателем ( $\lambda_p = 0,07 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ )

что свидетельствует о повышении вероятности безотказной работы почти в 1,5 раза.

### 3. Заключение

Развитие науки и техники коснулось всех сфер жизнедеятельности человека. Совершенствование характеристик возобновляемых источников питания, таких, как аккумуляторные батареи (плотность тока, саморазряд, количество циклов «заряд – разряд», отсутствие жидкого электролита), уменьшение их габаритных размеров, а также использование цифровых технологий, позволяет применять АБ в источниках автономного питания систем автоматической защиты независимо от их назначения. Отсутствие зависимости указанных автономных источников от работоспособности электрических сетей общего пользования, которые являются основным источником питания для АСПЗ, повышает вероятность безотказной работы систем в два раза, что в свою очередь позволяет повысить уровень противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей.

### Литература

1. *Pravila ulashtuvannia elektroustanovok*, Kh.: Fort 2009, 708s.
2. Adamenko O.M., Visochanskii V., Lotko V., Mikhailliv M., *Alternativni paliva ta inshi netradiciini dzherela energii*, Monografia – Ivano-Frankivsk: IME, 2001. – 432s.
3. Plakhtina O.G., *Doslidzhennia sistemi „kaskadnii invertor naprugi – asinkhronnii dvigun”*, O.G. Plakhtina, G.I. Bondar, S.S. Kutsik, Visnik KhDTU. Spec. Vipusk „problemy avtomatizirovannogo eletroprivoda”, Kharkiv: Vid vo KhDTU, 1998 – 260s.
4. Plakhtyna E.G., *Matematicheskoe modelirovanie elektromashinovenilnykh system*, E.G. Plakhtyna – Lvov: Izd-vo „Vishcha shkola”, 1986 – 164s.

5. Tonkal V.E., Grechko E.N., Bukhinskii S.I., *Mnogofaznye avtonomne inventory napriazhenia s uluchshennymi kharakteristikami* – Kiev: Nauk.Dumka – 1980. - 182s.
6. Energoelektronika Twerd, *Projektowanie, produkcja, serwis*, Zaklad energoelektroniki Twerd, Polska 87-100 Torun.
7. Y. Seki, Y. Takahashi, T. Koda, a.o. *Power Pack IGBT: High Power (2,5 kV, 1kA) RC-IGBT with HighlyReliable Flat Package*, EPE'95. Proceeding of 6th European Conference on Power Electronics and Applications. 19-Sept. 1995. Sevilla, Spain. Vol. 1. P. 1051-1055.
8. 3300 V IGBT-Module for traction application/ H. Brunner, M. Hierholzer, R.Spanke. a.o.// EPE'95. Proceeding of 6th European Conference on Power Electronics and Applications. 19-21 Sept. 1995. Sevilla, Spain. Vol. 1. P. 1056-1059.
9. *Prospekt. Novye preobrazovately chastyty*, Simovert master drives, AO Simens, Moskva.
10. Spravochnik Nadezhnost elektroradioizdelii 2006: <http://kazu.ru/attachment.php?attachmentid=9706&d>.
11. Prytkov S.F., Gorbacheva V.M., Borisov A.A. i dr., *Nadezhnost analogov ERI zarubizhnogo proizvodstva*. *Spravochnik*, Nauchn. Ruk. S.F. Prytkov – M. 22 CNIII MO RF 2002. – 38s.
12. Guk Iu.B., *Osnovy nadezhnosti elektricheskikh ustanovok*, Iu. B. Guk – Vyssh. shk. 1976 – 236s.

**Боднар Григорий Иосифович** – 1960 года рождения, в 1983 году закончил Львовский политехнический институт, 2002 году защитил кандидатскую диссертацию, работал на кафедре электропривода и автоматизации промышленных установок Национального университета «Львовская политехника», с 2005 года по сегодняшний день занимает должность начальника кафедры Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям, кандидат технических наук, доцент.

**Шаповалов Олег Валерьевич** – 1972 года рождения, в 1992 году закончил Львовское пожарно-техническое училище МВД Украины, в 2000 году окончил Украинскую академию печати, в 2004 году работал на должности преподавателя в Институте пожарной безопасности МВД Украины, с 2011 года по сегодняшний день занимает должности старшего преподавателя Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям.