

Торайғыров университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2020)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

KZ19VRY00029272

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных
и информационных систем, электромеханики
и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/ADLK5505>**И. О. Косяков**Казахский университет путей сообщения,
Республика Казахстан, г. Алматы

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОДНОЗОНАЛЬНОГО КОНДИЦИОНЕРА МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С РЕГУЛИРУЕМОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ

В статье обсуждается необходимость использования автоматизированных систем кондиционирования воздуха в мобильных комплексах. Это связано с необходимостью размещения мобильного комплекса в месте, позволяющем проводить работы, а такие места могут располагаться в некомфортных для человека условиях. Система кондиционирования комплекса исследована как объект регулирования, представлена её обобщенная структурная схема с основными входными и выходными параметрами, а также составные части и процессы, протекающие при охлаждении и нагревании воздуха. В статье приводится пример реализации автоматизации однозонального кондиционера в мобильном комплексе методом регулировки производительности. Этот метод реализуется с помощью преобразователя частоты и позволяет значительно снизить пусковые токи, обеспечить эффективное потребление энергии и обеспечить высочайший уровень защиты компонентов от неожиданных аварий и поломок. В статье подробно описаны основные преимущества управления производительностью с помощью инвертора, а также показаны основные элементы защиты компрессора с помощью настроенной автоматики. Подробно рассмотрены временные диаграммы скоростей вентиляторов в процессе инверторного управления системой кондиционирования. Эти диаграммы показывают, что в методе управления мощностью инвертора может быть довольно большое количество рабочих скоростей. Отдельно приведена циклограмма защиты компрессора от перегрева, подтверждающая его высокую степень защиты. В конце статьи приведены выводы и общие результаты работы, показавшие, что инверторное управление является единственно

правильным выбором для автоматизации систем кондиционирования мобильных комплексов.

Ключевые слова: автоматизация, системы кондиционирования воздуха, регулировка производительности, частотный инвертор, повышение надежности.

Введение

Автоматизация систем кондиционирования мобильных комплексов является актуальной задачей, так как в современном мире мобильность имеет все большее значение, а мобильные комплексы применяются всеми видами силовых и не силовых структур для осуществления повседневной деятельности. Подобные комплексы как правило размещают в том месте, где удобно вести работы или выполнять ту или иную задачу, и данные места разумеется располагаются не в комфортных для человека условиях.

Именно поэтому важно обеспечить личный состав, ведущий работы в таком комплексе комфортными условиями, в частности, хорошей системой кондиционирования, которая бы обеспечивала необходимое охлаждение и нагрев комплекса. Исходя из личного опыта автора в производстве подобных комплексов в Казахстане, как правило, системы кондиционирования устанавливаются не промышленного назначения, и соответственно их качество работы и надежность в полевых условиях не могут быть гарантированы [1].

Объект исследования: мобильные комплексы.

Предмет исследования: системы кондиционирования мобильных комплексов.

Материалы и методы

Для осуществления автоматизации системы кондиционирования воздуха её нужно рассмотреть, как объект регулирования и выбрать наиболее оптимальный метод регулировки. Для решения подобной задачи подходит аналитический уровень, с помощью которого можно оценить все необходимые факторы.

При осуществлении процесса кондиционирования воздуха объектом регулирования является обслуживаемое помещение, в нашем случае это мобильный комплекс, в котором происходит изменение нормируемых параметров воздуха из-за влияния наружного воздуха и внутренних процессов. Задача системы кондиционирования воздуха – поддерживать нормируемые показатели.

Обобщенная структурная схема системы кондиционирования воздуха как объекта автоматизации показана на рисунке 1. Входными параметрами являются наружный воздух, тепло-, влаго- и холодоносители, электроэнергия, а также часть рециркуляционного воздуха, возвращаемого в помещение.

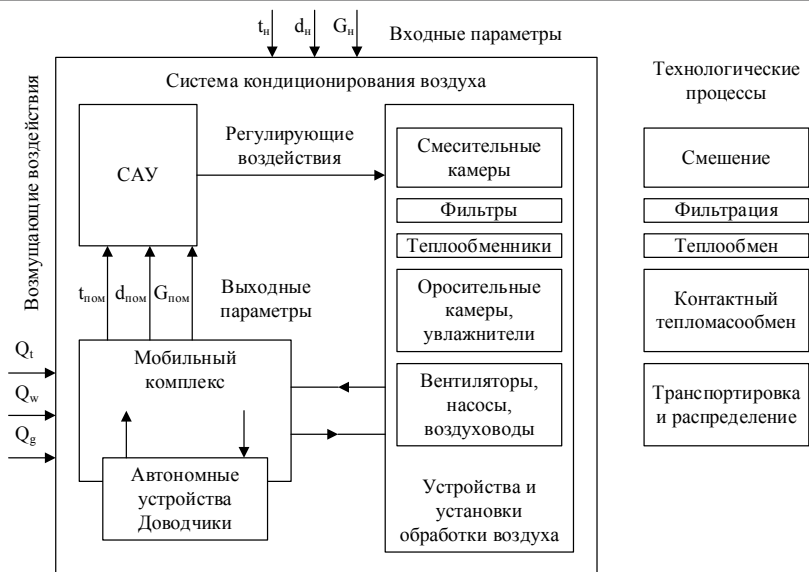


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема системы кондиционирования воздуха

Выходными параметрами являются температура в помещении $t_{пом}$, влагосодержание $d_{пом}$, а также расход воздуха $G_{пом}$. Система кондиционирования включает следующие основные элементы:

- регуляторы расхода воздуха (заслонки, шиберы, жалюзи);
- камеры смешения (смешение различных потоков воздуха);
- фильтры (механическая и биологическая очистка воздуха);
- теплообменники (теплообмен различных сред: воздух-воздух, хладагент-воздух, жидкость-воздух и др.);
- оросительные камеры и увлажнители (контактный тепломас-сообмен);
- вентиляционные сети (распределение и транспортировка воздуха).

Каждая конкретная система комплектуется, исходя из заданной технологии обработки приточного воздуха. Это могут быть простые вентиляционные системы или центральные кондиционеры в сочетании с автономными устройствами. Они доводят воздух, идущий от центрального кондиционера, до параметров, требуемых по нормам конкретного помещения.

Подвод и отвод воздуха в кондиционер и по помещениям производится по воздуховодам.

Результаты и их обсуждение

В кондиционерах мобильных комплексов целесообразно применять кондиционеры с регулируемой производительностью, в них производительность поддерживается на нужном уровне путем изменения частоты вращения двигателя компрессора. Подобный метод также позволяет экономить ток на пуске столь высокопроизводительной нагрузки как компрессор. Цепи питания мобильных комплексов очень чувствительны к высоким пусковым токам, так как их производительность рассчитана на минимальные нагрузки при запуске. В случае, если индуктивная нагрузка, такая как компрессор, будет включена на максимальную мощность, придётся подбирать схемы питания с 20–30 % запасом, что повлечет за собой дополнительные расходы при производстве. Также, дизель-генераторные установки, устанавливаемые в мобильных комплексах, помещаются во внутреннее пространство «на грани фола», и любое увеличение их мощности приведёт к невозможности установки подобного дизель-генератора.

Регулируемая производительность позволяет вместо периодических запусков и остановок компрессора осуществлять работу непрерывно, но с переменной скоростью, благодаря чему изменяется производительность, и в помещении поддерживается постоянная температура.

На рисунке 2 приведена принципиальная схема такого компрессора марки Bitzer. Изменение скорости вращения двигателя компрессора происходит путем изменения частоты напряжения питания двигателя преобразователем частоты (инвертором) [2, 3, 4].

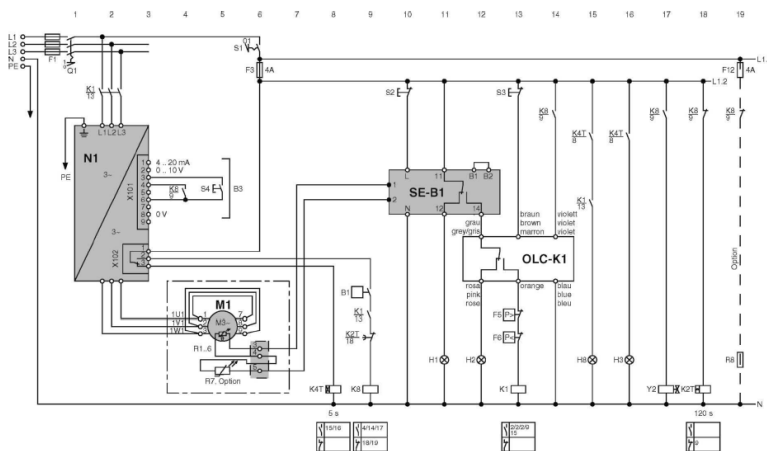


Рисунок 2 – Принципиальная схема компрессора с частотным инвертором компании Bitzer

Изменение частоты может осуществляться в диапазоне от 25 до 70 Гц. Это, а также наличие электронного ТРВ в общей схеме позволяет обеспечить точность поддержания температуры в помещении 0,5 °С.

Инверторное управление имеет следующие преимущества:

- в процессе регулировки производительности исключаются циклы включения/выключения компрессора;
- диапазон изменения холодопроизводительности одного кондиционера составляет от 6,54 до 19,23 кВт;
- пусковые токи уменьшаются до значений меньше рабочих;
- уменьшается износ механических деталей компрессора;
- увеличивается надежность и срок службы кондиционера;
- повышается точность поддержания температуры в помещении;
- обеспечивается быстрый выход на заданный температурный режим;
- повышается качество системы управления и защиты кондиционера.

Если кондиционер включен в режиме непрерывной работы, то частота вращения вентилятора внутреннего блока будет определяться текущей производительностью [5, 6].

Несмотря на то, что на пульте пользователь может выбрать одну из трех условных скоростей вентилятора, фактически может быть 7–8 скоростей (в соответствии с рисунком 3), которые выбираются автоматически в зависимости от внешних факторов.

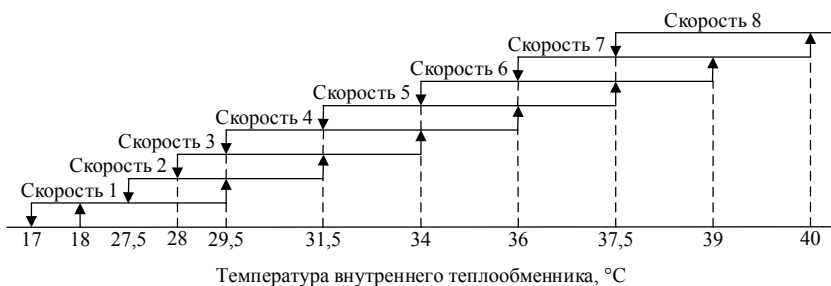


Рисунок 3 – Пример изменения скорости вентилятора внутреннего блока

Осушение воздуха в помещении производится двумя способами: установкой на пульте автоматического режима работы либо выбором режима осушения [7].

В автоматическом режиме через определенное время после включения кондиционера определяется температура воздуха в помещении и вне помещения, после чего выбирается необходимый режим работы, пример подобного режима приведен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Пример выбора режима работы

В режиме осушения за счет использования инверторного управления скоростью двигателя компрессора оптимизируется алгоритм работы кондиционера.

Так, в течение первых секунд после включения кондиционера происходит измерение разности между комнатной и установленной температурами $\Delta t_{oc} = t_{комн} - t_{уст}$.

Если $\Delta t_{oc} \leq -3$ °C, то включается режим обогрева помещения, а если $\Delta t_{oc} \geq -3$ °C – режим охлаждения. Величина Δt_{oc} измеряется с определённым интервалом, и в зависимости от его значения выбирается соответствующий алгоритм работы кондиционера.

В различных кондиционерах бывают запрограммированы несколько диапазонов значений Δt_{oc} , в соответствии с которыми выбирается скорость вращения вентилятора внутреннего блока и холодопроизводительность (частота инвертора) кондиционера.

Если состояние температуры (влажности) будет соответствовать определённому диапазону, то в течение трех последующих минут компрессор и вентилятор наружного блока будут остановлены, вентилятор внутреннего блока будет остановлен на определённый интервал, а в оставшееся время будет вращаться с самой низкой скоростью.

Если состояние температуры (влажности) будет соответствовать другому диапазону, то в течение трех последующих минут вентилятор наружного блока будет включен, вентилятор внутреннего блока будет вращаться с максимальной скоростью, а на двигатель компрессора будет подаваться напряжение с нужной частотой.

Также в таких системах существует защита при низких оборотах компрессора. При частоте питающего напряжения компрессора ниже минимального диапазона частот в компрессор попадает недостаточно масла. При снижении частоты до этой частоты поступает команда на увеличение ее значения в течении нескольких секунд (одной минуты) до нужного значения. При этом скорость вентилятора внутреннего блока не изменяется [8, 9].

Важным элементом является защита при низкой частоте вращения двигателя компрессора. Если частота питающего напряжения компрессора будет оставаться меньше нужной в течение нескольких минут, то для обеспечения подачи масла в компрессор частота напряжения повысится до 60 Гц за двадцать-тридцать секунд. При этом скорость вращения вентилятора наружного блока не изменится.

Для уменьшения износа применяется защита от перегрева компрессора. Если температура головки компрессора превышает нормальную температуру, контроллер снижает частоту питающего напряжения компрессора на несколько Гц каждые несколько минут до тех пор, пока температура не снизится до нормальной (пример на рисунке 5).

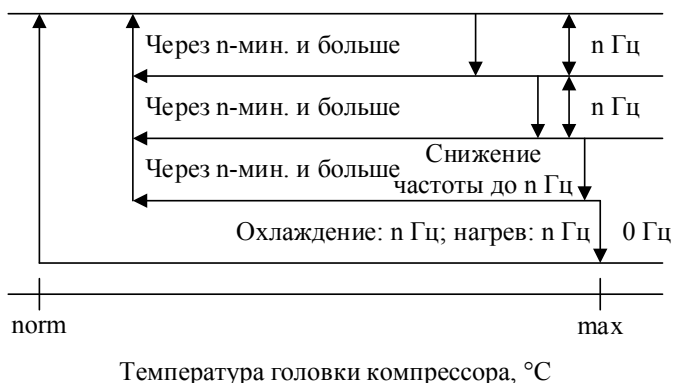


Рисунок 5 – Пример циклограммы защиты компрессора от перегрева

Защита от превышения давления нагнетания в режиме нагрева. Если датчик температуры на внутреннем теплообменнике зафиксирует температуру более n °С, то частота вращения компрессора будет уменьшаться на несколько Гц каждые несколько минут, пока система не вернется в нормальное состояние. Подобный режим работы будет аналогичен циклограмме на рисунке 4, но с другими интервалами.

Выводы

Системы кондиционирования воздуха являются одним из основных блоков для мобильных комплексов, так как они позволяют обеспечить комфортное пребывание личного состава в любых климатических условиях. Автоматизация однозонального кондиционера путём регулировки производительности является оптимальным решением для применения в мобильных комплексах, она имеет несколько важных преимуществ, одним из которых является отсутствие высоких пусковых токов. Также подобная

система вполне плавно способна обеспечить защиту компрессора от перегрева, превышения давления нагнетания и других неприятных факторов. Данный момент является важным элементом повышения общей надежности системы кондиционирования воздуха [10], так как в полевых условиях любой ремонт такой сложной структуры либо не представляется возможным, либо сопряжен с очень большими техническими трудностями.

Список использованных источников

1 **Косяков, И. О., Майлыбаев, Е. К., Батырканов, Ж. И., Кайнарбеков, А. К.** Разработка и проектирование схемы защитной автоматики кондиционера для применения в мобильных комплексах [Текст] // Журнал «Известия Кыргызского Государственного технического университета им. И. Раззакова». – №50. – С. 88–92.

2 **Кокорин, О. Я., Комисаров, В. В., Сафронов, О. В.** Энергосберегающие режимы приготовления приточного воздуха в комфортных системах кондиционирования [Текст] // Холодильная техника. – 2004. – №10. – С. 28–32.

3 **Е. С. Бондарь, А. С. Гордиенко, В. А. Михайлов, Г. В. Нимич.** Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст] : Учебное пособие. – Киев : ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим», 2005. – 560 с.

4 **В. М. Свистунов., Н. К. Пушняков.** Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства [Текст] : Учебник для вузов. – СПб. : Политехника 2001 – 423 с.

5 **Кашкаров, А. П.** Установка, ремонт и обслуживание кондиционеров [Текст]. – М. : ДМК ПРЕСС, 2019. – 120 с.

6 **Корх, Л.** Всё о кондиционерах [Текст]. – М., 2016. – 72 с.

7 **Рогов, В. А., Чудаков, А. Д.** Средства автоматизации и управления [Текст] : Учебник. – М., 2016. – 404 с.

8 **Смирнов, Ю. А.** Технические средства автоматизации и управления [Текст] : // Учебное пособие. – СПб., 2017. – 456 с.

9 **Ерофеев, А. А.** Теория автоматического управления [Текст] : Учебник для вузов. – М., 2008. – 302 с.

10 **Тетеревков, И. В.** Надежность систем автоматизации [Текст]. – М., 2019. – 357 с.

References

1 **Kosjakov, I. O., Majlybaev, E. K., Bатырканов, Zh. I., Kajnarbekov, A. K.** Razrabotka i proektirovanie shemy zashhitnoj avtomatiki kondicionera dlja primenenija v mobil'nyh kompleksah. [Development and design of an air conditioner protective automatics circuit for use in mobile complexes] [Text]. In Magazine «Bulletin of the Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov». – № 50. – P. 88–92.

2 **Kokorin, O. Ja., Komisarov, V. V., Safronov, O. V.** Jenergosberegajushhie rezhimy prigotovlenija pritochnogo vozduha v komfortnyh sistemah kondicionirovanija. [Energy-saving modes of supply air preparation in comfortable air conditioning systems] [Text]. In Refrigeration technology. – 2004. – №10. – P. 28–32.

3 **Bondar', E. S., Gordienko, A. S., Mihajlov, V. A., Nimich, G. V.** Avtomatizacija sistem ventiljacii i kondicionirovanija vozduha [Automation of ventilation and air conditioning systems] [Text] : Textbook. – Kiev : TOV «Vidavnychy Budinok «Avanpost-Prim», 2005. – 560 p.

4 **Svistunov, V. M., Pushnjakov, N. K.** Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha agropromyshlennogo kompleksa i zhilishhno-kommunal'nogo hozjajstva [Heating, ventilation and air conditioning of the agro-industrial complex and housing and communal services] [Text] : Textbook for universities. – St. Petersburg : Polytechnic 2001. – 423 p.

5 **Kashkarov, A. P.** Ustanovka, remont i obsluzhivanie kondicionerov [Installation, repair and maintenance of air conditioners] [Text]. – Moscow : DMK PRESS, 2019. – 120 p.

6 **Korh, L.** Vsjo o kondicionerah [All about air conditioners] [Text]. – Moscow, 2016. – 72 p.

7 **Rogov, V. A., Chudakov, A. D.** Sredstva avtomatizacii i upravlenija [Automation and control facilities] [Text] : Textbook. – Moscow, 2016. – 404 p.

8 **Smirnov, Ju. A.** Tehnicheskie sredstva avtomatizacii i upravlenija [Technical means of automation and control] [Text] : Tutorial. – St. Petersburg, 2017. – 456 p.

9 **Erofeev, A. A.** Teorija avtomaticheskogo upravlenija [Automatic control theory] [Text] : Textbook for universities. – Moscow, 2008. – 302 p.

10 **Teterevko, I. V.** // Nadezhnost' sistem avtomatizacii [Reliability of automation systems] [Text]. – Moscow, 2019. – 357 p.

Материал поступил в редакцию 30.09.20.

И. О. Косяков

Реттелетін өнімділігі бар жылжымалы кешендегі бір зоналы кондиционерді автоматтандыру

Қазақ қатынас жолдары университеті,
Қазақстан Республикасы, Алматы қ.
Материал 30.09.20 баспаға түсті.

I. O. Kossyakov

Automation of a single-zone air conditioner in a mobile complex with adjustable performance

Kazakh University Ways of Communications,
Republic of Kazakhstan, Almaty.
Material received on 30.09.20.

Мақалада жылжымалы кешендерде ауаны кондиционерлеудің автоматтандырылған жүйесін қолдану қажеттілігі туралы айтылады. Бұл жылжымалы кешенді жұмысты жүргізуге мүмкіндік беретін жерде орналастыру қажеттілігінен туындайды және мұндай орындар адамға ыңғайсыз жағдайда орналасуы мүмкін. Кешеннің ауаны кондиционерлеу жүйесі реттеу объектісі ретінде зерттелген, оның негізгі кіріс және шығыс параметрлерімен, сондай-ақ ауаны салқындату және жылыту кезінде пайда болатын компоненттер мен процестермен жалтыланған құрылымдық сызбасы келтірілген. Мақалада өнімділікті түзету әдісімен жылжымалы кешендегі бір зоналы кондиционерді автоматтандыруды жүзеге асырудың мысалы келтірілген. Бұл әдіс жиілік түрлендіргішін қолдану арқылы жүзеге асырылады және ағындарды айтарлықтай төмендетуге, энергияны тиімді тұтынуды қамтамасыз етуге және компоненттерді күтпеген апаттар мен бұзылулардан қорғаудың жоғары деңгейін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Мақалада инвертор көмегімен қуаттылықты басқарудың негізгі артықшылықтары егжей-тегжейлі сипатталған, сонымен қатар бапталған автоматика көмегімен компрессорды қорғаудың негізгі элементтері көрсетілген. Кондиционерлеу жүйесін инвертормен басқару процесінде желдеткіш жылдамдығының уақыт диаграммалары егжей-тегжейлі қарастырылған. Бұл диаграммалар инвертор қуатын басқару әдісінде жұмыс жылдамдығы өте көп болуы мүмкін екенін көрсетеді. Сонымен қатар, оның жоғары дәрежеде қорғалуын растайтын, қызып кетуден компрессорлық қорғаныстың циклограммасы бар. Мақаланың соңында қорытындылар мен жұмыстың жалпы

нәтижелері келтірілген, бұл инверторлық басқару ұялы байланыс кешендерінің ауа баптау жүйелерін автоматтандырудың бірден-бір дұрыс таңдауы екенін көрсетті.

Кілтті сөздер: автоматика, ауаны баптау жүйелері, қуаттылықты басқару, жиілік инверторы, сенімділікті арттыру.

The article discusses the need for the use of automated air conditioning systems in mobile complexes. It is due to the need placing the mobile complex in the place that allows work to be carried out, and such places can be located in uncomfortable for human's conditions. The air conditioning system of the complex is investigated as an object of regulation, a generalized block diagram with the main input and output parameters, as well as components and processes occurring during air cooling and heating, is presented. The article provides an example of the implementation of automation of a single-zone air conditioner in a mobile complex by the method of performance adjustment. This method is realized by using a frequency inverter and is able to significantly reduce inrush currents, ensure efficient energy consumption and provide the highest level of component protection against unexpected accidents and breakdowns. The article describes in detail the main advantages of inverter performance control, and also shows the main elements of compressor protection using tuned automation. Considered in detail timing diagrams of fans speed in the process of inverter control of the air conditioning system. These diagrams show that in the inverter capacity control method, there can be quite a large number of operating speeds. Separately, a cyclogram of compressor overheating protection is given, which proves its high degree of protection. In the end of the article, gives conclusions and general results of the work that shown that inverter control is the only correct choice for mobile complexes air conditioning systems automatization.

Keywords: automation, air conditioning systems, capacity control, frequency inverter, reliability enhancement

Теруге 30.09.2020 ж. жіберілді. Басуға 14.10.2020 ж. қол қойылды.
Электронды баспа
2,99 Мб RAM
Шартты баспа табағы 23,30. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректор: А. Р. Омарова
Тапсырыс № 3707

Сдано в набор 30.09.2020 г. Подписано в печать 14.10.2020 г.
Электронное издание
2,99 Мб RAM
Усл. печ. л. 23,30. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректор: А. Р. Омарова
Заказ № 3707

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
«Торайғыров университет»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
8 (7182) 67-36-69
e-mail: kereku@tou.edu.kz
www.vestnik.tou.edu.kz