

**Веселов Антон Владимирович**

*аспирант,*

*Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Омский государственный технический университет»*

*РФ, г. Омск*

*e-mail: AntonVesselov@mail.ru*

**Куликов Артем Михайлович**

*аспирант,*

*Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Омский государственный технический университет»*

*РФ, г. Омск*

*e-mail: [kularm@yandex.ru](mailto:kularm@yandex.ru)*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НАВЕДЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ**

Статья посвящена вопросу влияния наведенного напряжения на цепи управления технологическими агрегатами. Основными особенностями цепей управления переменным напряжением 220 В, является низкая помехоустойчивость и склонность к ложным срабатываниям. В работе рассмотрен частный случай, из промышленной наладки и ввода в эксплуатацию объекта, с разветвленной системой управления технологическими агрегатами. Для решения задач: повышения надежности, эффективности и помехоустойчивости цепей управления, реализована схема компенсации, путем установки конденсаторов гашения паразитирующих составляющих наведенного напряжения на цепи управления. Для обоснования технических решений, в лабораторных условиях был собран стенд и проведены ряд опытов, для

определения уровня и формы импульса наведенного напряжения: на холостом ходу; под нагрузкой; с использованием гашения паразитирующей составляющей емкостной нагрузкой.

**Ключевые слова:** наведенное напряжение, помехоустойчивость, электростатическое, электромагнитное, кондуктивное поле, надежность.

The article is devoted to the issue of the effect of induced voltage on the control circuits of technological units. The main features of 220 V AC control circuits are low noise immunity and a tendency to false alarms. The paper considers a special case from the industrial commissioning and commissioning of an object with an extensive control system for technological units. To solve the problems of increasing the reliability, efficiency and noise immunity of control circuits, a compensation scheme has been implemented by installing capacitors to dampen the parasitic components of the induced voltage on the control circuit. To substantiate the technical solutions, a stand was assembled in the laboratory and a number of experiments were conducted to determine the level and shape of the induced voltage pulse: at idle; under load; using damping of the parasitic component with a capacitive load.

**Keywords:** induced voltage, noise immunity, electrostatic, electromagnetic, conductive field, reliability.

**Введение.** В системах управления технологическими агрегатами многие факторы оказывают опасное электромагнитное и электростатическое влияние на низковольтные линии цепей управления. Например, параллельно проложенные кабельные линии силовых и контрольных цепей на переменном токе, могут оказывать значительное электромагнитное влияние на соседние узлы управления. Значение напряжения, то есть разность потенциалов между проводами кабельной линии и точкой нулевого потенциала, создающаяся электромагнитным полем, характеризуется емкостным, индуктивным и кондуктивным воздействием [1]. Значение наведенного напряжения в системах

управления технологическими агрегатами может изменяться от разных факторов – протяженности кабельных линий, количества органов управления, применения экранирования и бронирования кабеля, температуры окружающей среды, количества жил многожильного кабеля находящихся под напряжением. Потенциал, который может быть наведен в разветвленных системах управления технологическими агрегатами включает в себя два вида воздействия электромагнитное и электростатическое [2]. Электростатическое воздействие наведенного напряжения возникает за счет емкости между жилами, находящимися под напряжением и жилами, предназначенными для управляющего сигнала. Электромагнитное воздействие наведенного напряжения возникает за счет магнитной индукции при движении заряженных частиц по кабельным жилам [3].

**Основная часть.** На одном из объектов нефтехимической отрасли в процессе проведения ПНР (пусконаладочных работ) было выявлено, что в момент перевода позиции на дистанционное управление из системы АСУТП (автоматизированная система управления технологическим процессом) и подаче команды открытия/закрытия шиберной задвижки – электропривод не реагирует на команду стоп, концевые выключатели положения привода и срабатывания муфты ограничения крутящего момента. Что привело к механическим повреждениям технологического оборудования. При расследовании причин данной аварийной ситуации было выявлено, что в цепях управления до подачи команды из АСУТП уровень наведенного напряжения составляет 120-140 В, при подаче команды уровень наведенного напряжения увеличивается до 160 В. Данного уровня и мощности наведенного напряжения достаточно для удержания катушки пускателя. Для исключения подобных ситуаций на катушки пускателей были дополнительно установлены конденсаторы емкостью 0,4 мкФ на принципиальной схеме элемент С\* (Рис. 2), что привело к стабильной работе привода. В дальнейшем при вводе в эксплуатацию всего остального оборудования ложные неотключения и дребезг пускателей вновь начали проявлять себя. Для полного исключения ложных процессов были установлены

конденсаторы TR CL21 105J400V (1 мкФ) по 2шт. на каждый из пускателей (открыть/закрыть). Технические решения приведены на однолинейной и принципиальной схеме (Рис 1, 2).

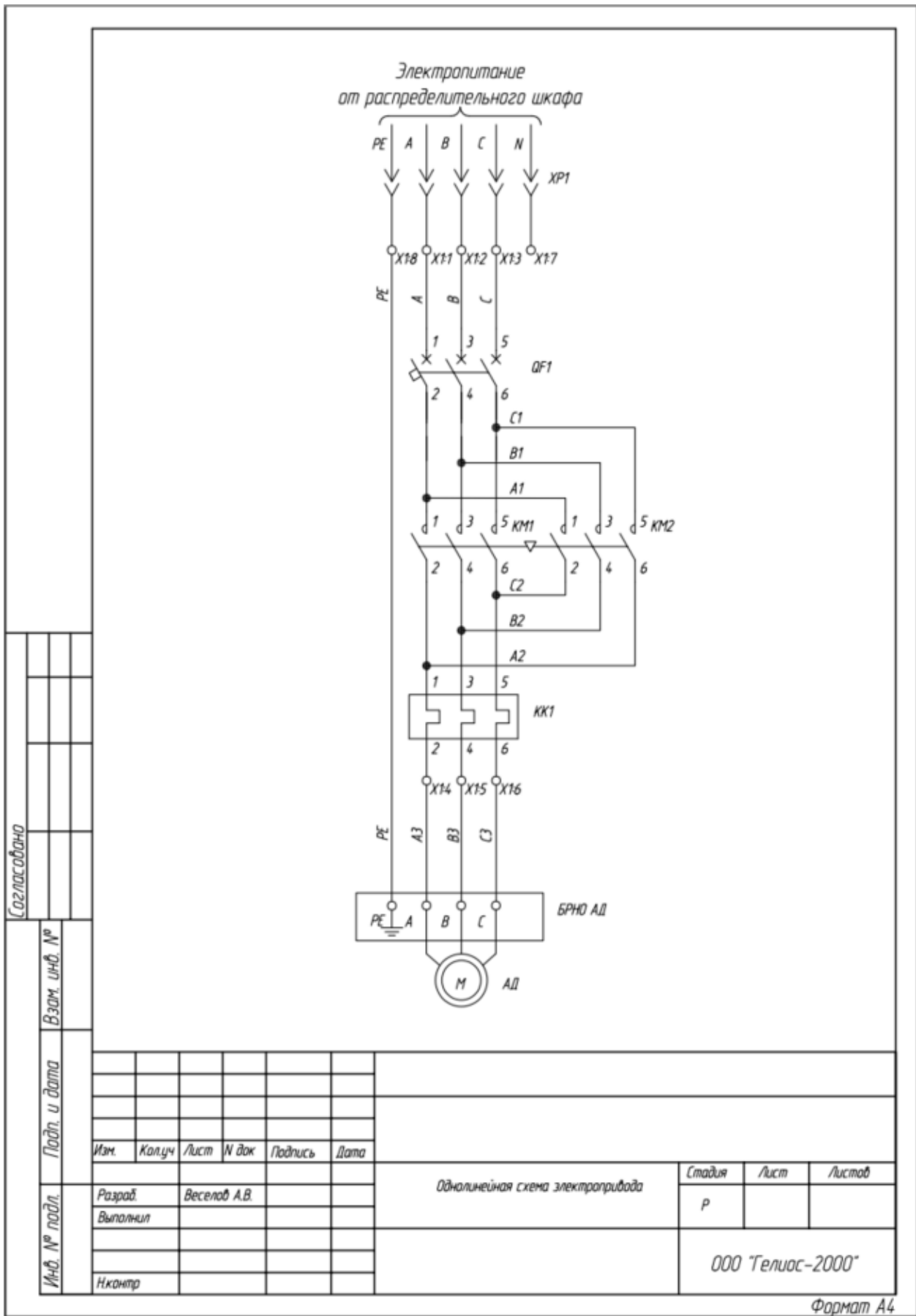


Рис. 1. Однолинейная схема электропривода.



Для подтверждения технических решений, при наладке электрооборудования, в лабораторных условиях были проведены ряд опытов:

**Экспериментальная часть исследования.** Для обоснования необходимости компенсации помех в разветвленных схемах управления технологическими агрегатами был собран лабораторный стенд. В состав стенда вошли:

1. катушка двух жильного кабеля с ПВХ изоляцией сечением 2,5 мм<sup>2</sup>
2. промежуточное реле Phoenix contact 2903688 ~230 В
3. клеммные ряды для подключения оборудования
4. конденсатор металлопленочный К73-17 / CL21, 1мкФ, 400В
5. источник напряжения - программно-технический комплекс Ретом-21
6. осциллограф цифровой запоминающий АКИП-4131/1А

Описание опыта: на одну из жил кабеля подается рабочее напряжение, со второй жилы снимается осциллограмма процесса наведения напряжения. Опыт производится поэтапно: XX, с нагрузкой (катушка реле), с установкой дополнительно конденсатора на катушку реле.

Расшифровка осциллограмм:

Фиолетовая синусоида, канал 2 - рабочее напряжение

Желтая синусоида, канал 1 – наведенное напряжение

## 1. Опыт №1 XX

### 1.1. подано напряжение 10 В.

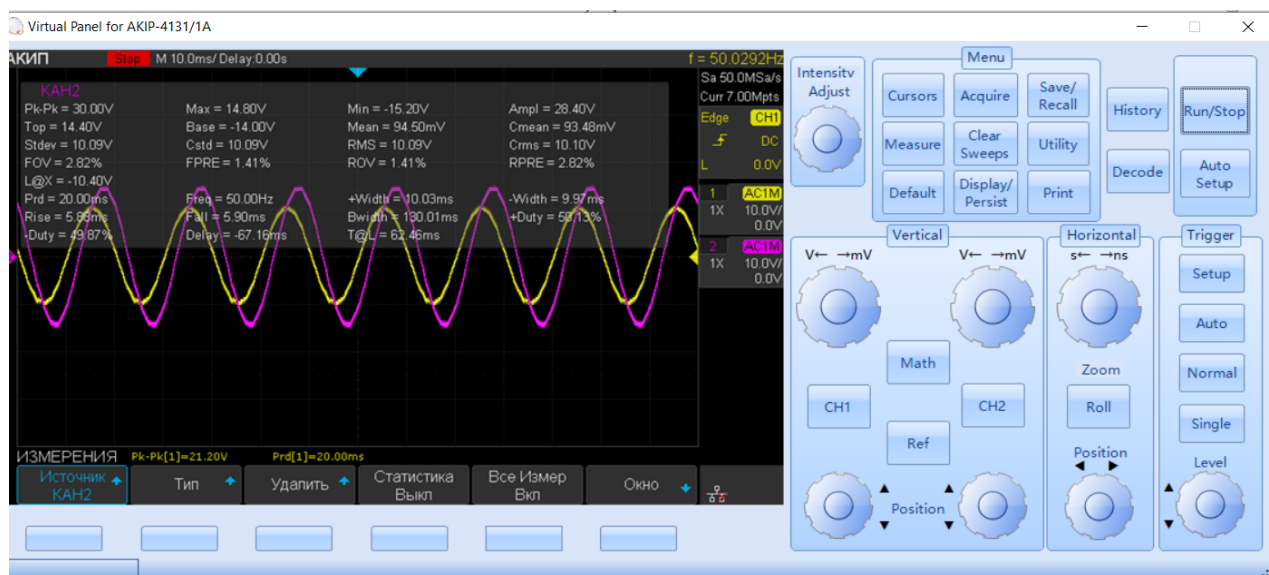


Рис. 3. Измеренное рабочее напряжение 10,09 В.

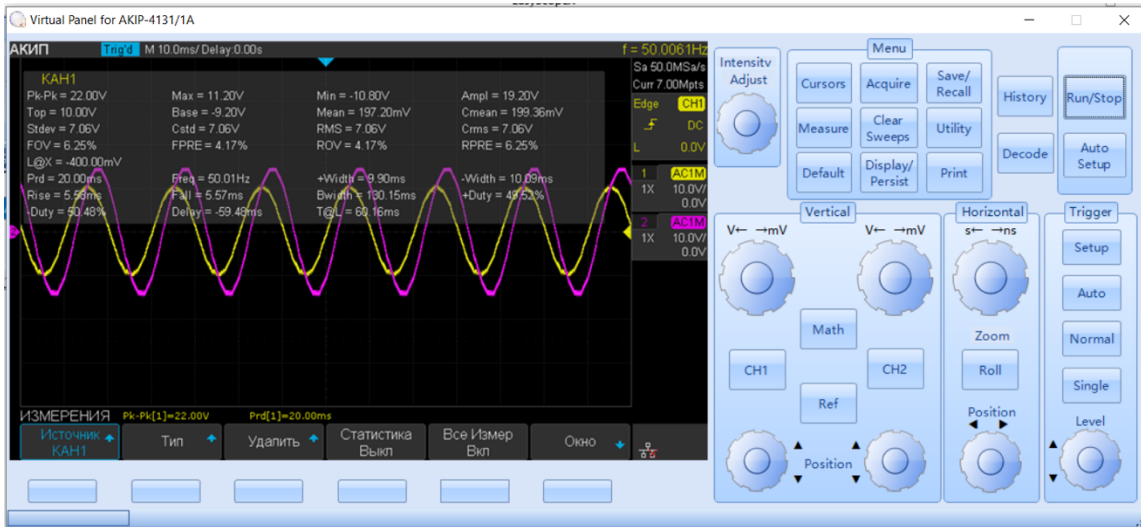


Рис. 4. Измеренное наведенное напряжение 7,06 В.

### 1.2. подано напряжение 100 В.

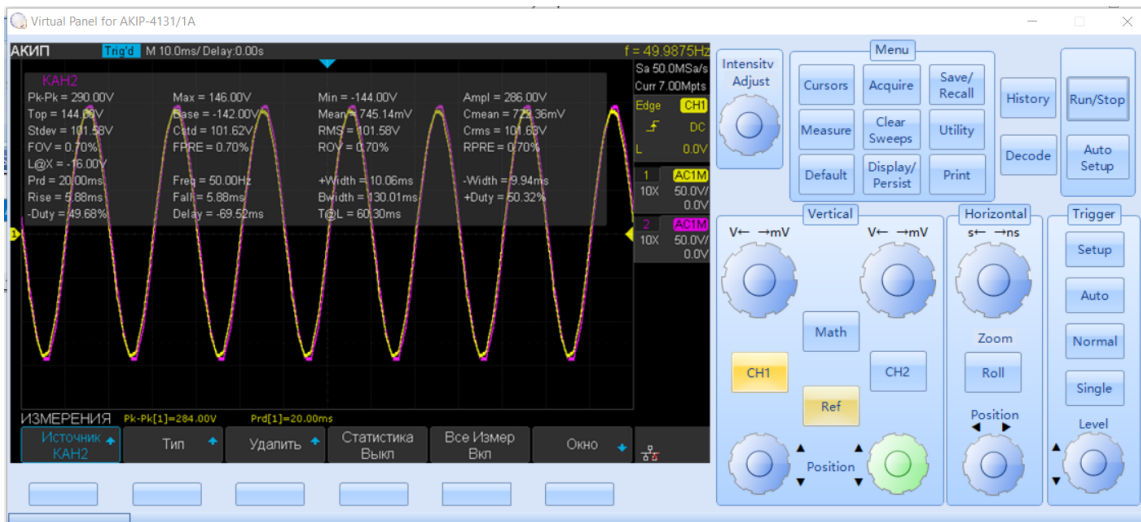


Рис. 5. Измеренное рабочее напряжение 101,58 В.

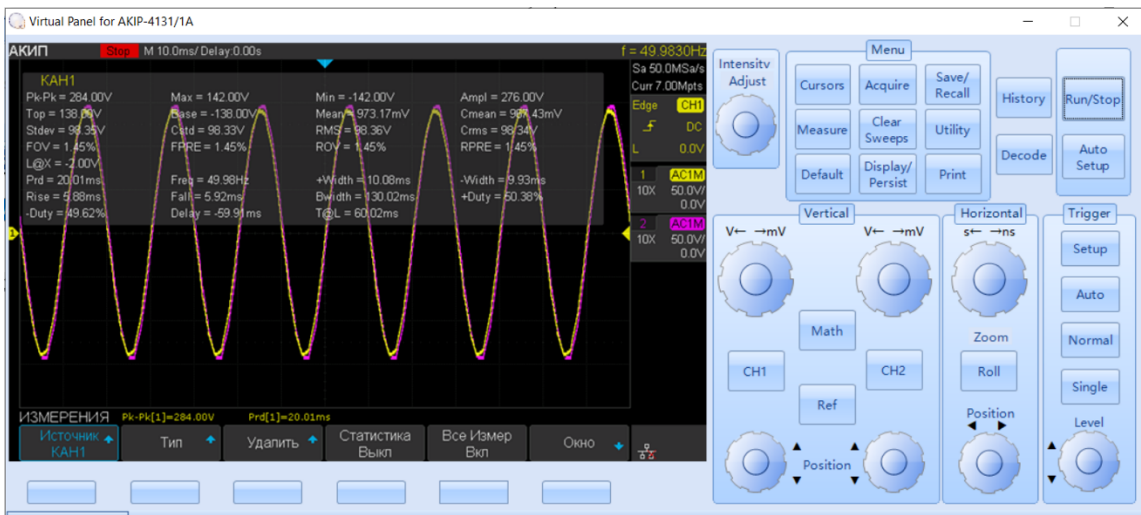


Рис. 6. Измеренное наведенное напряжение 98,36 В.

**1.3. подано напряжение 220 В.**

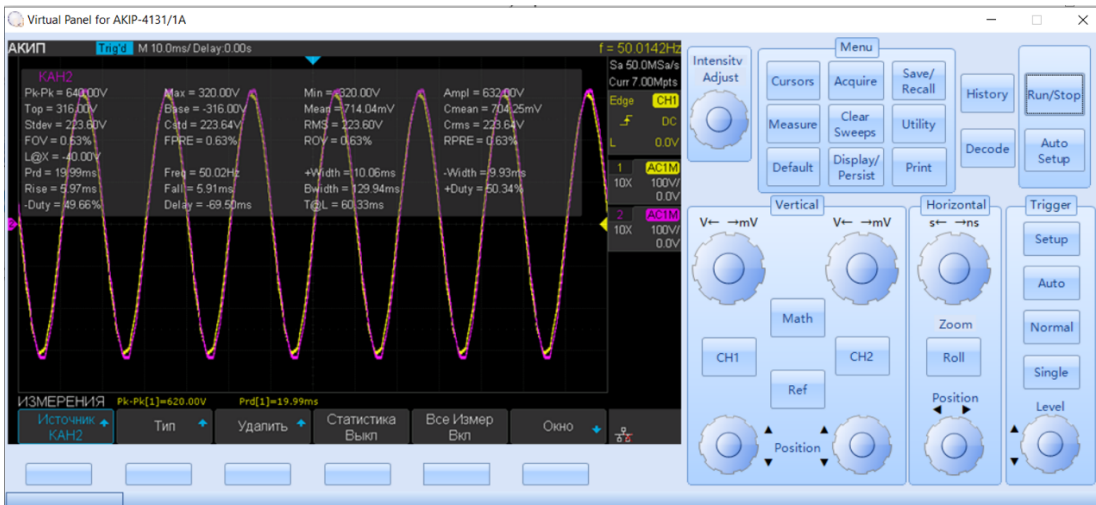


Рис. 7. Измеренное рабочее напряжение 223,60 В.

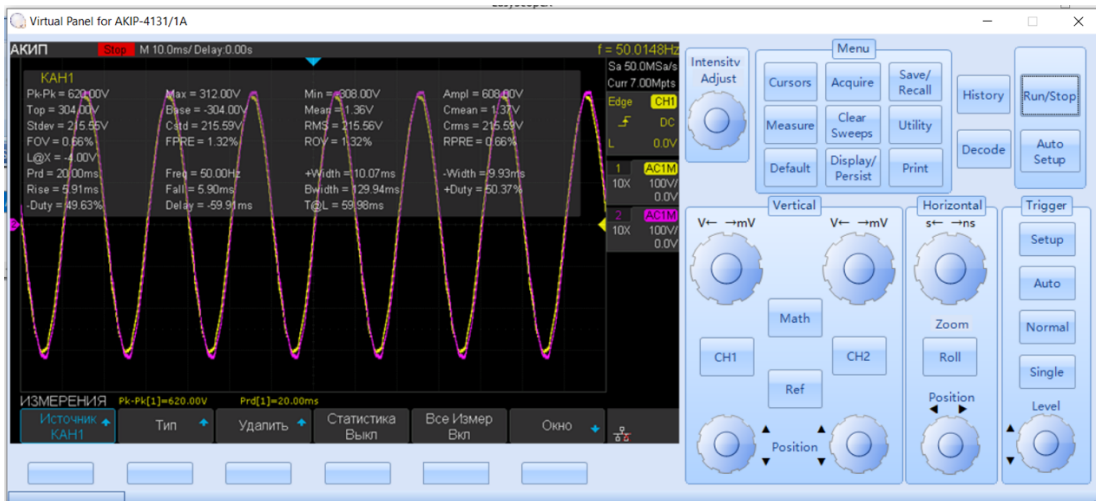


Рис. 8. Измеренное наведенное напряжение 215,56 В.

**2. Опыт №2 с нагрузкой (реле Phoenix contact 2903688 ~230 В)**

**2.1. подано напряжение 220 В.**

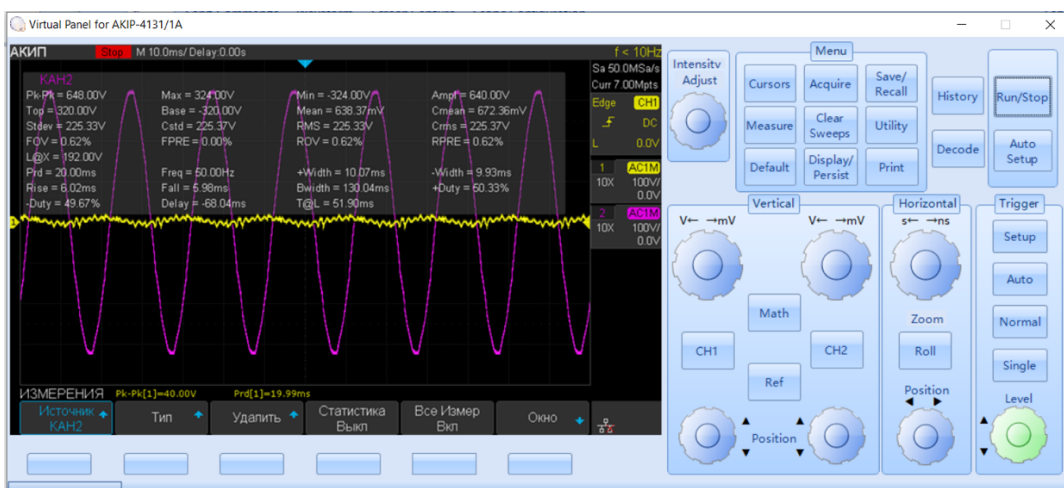


Рис. 9. Измеренное рабочее напряжение 225,33 В.

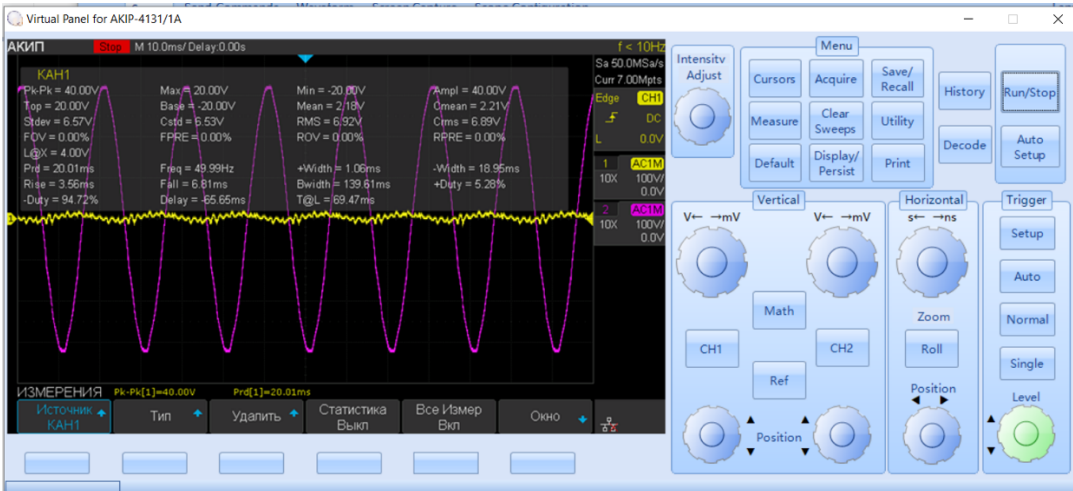


Рис. 10. Измеренное наведенное напряжение 6,92 В.

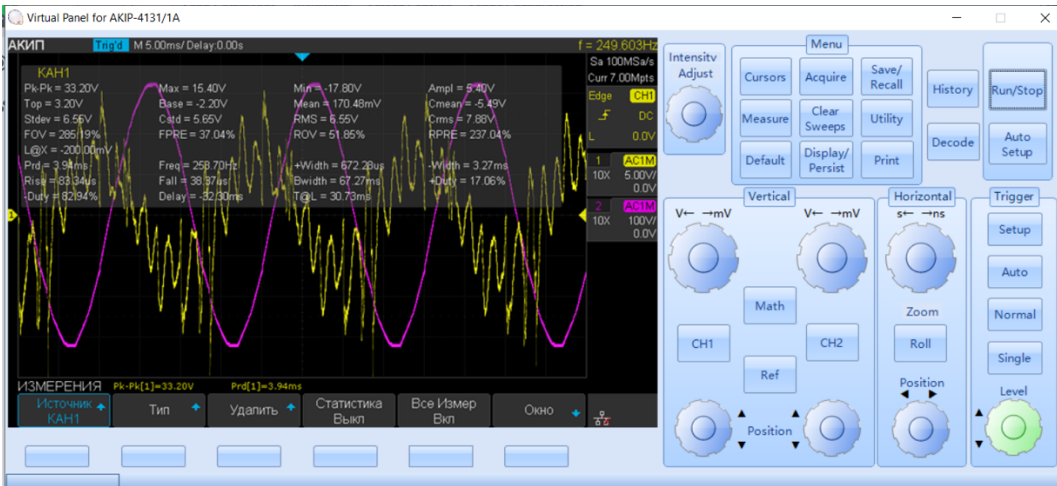


Рис. 11. Измеренное наведенное напряжение 6,92 В. Масштаб 5 В.

3. Опыт №3 с нагрузкой (реле Phoenix contact 2903688 ~230 В и установлен конденсатор параллельно катушки реле)

3.1. подано напряжение 220 В.

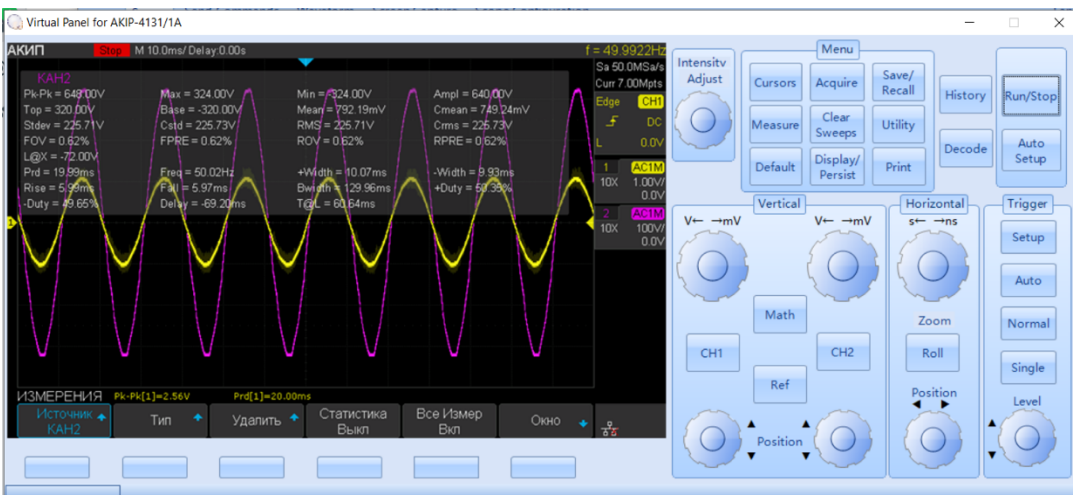


Рис. 12. Измеренное рабочее напряжение 225,71 В.

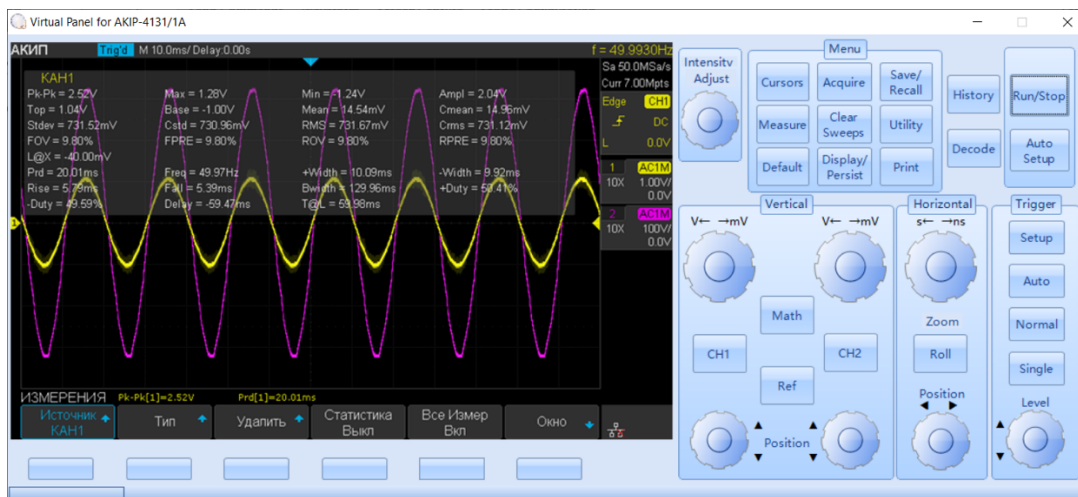


Рис. 13. Измеренное наведенное напряжение 731,67 мВ.

**Описание опытов.** Из проведенных экспериментов можно сделать вывод, что при подаче напряжения на одну из жил кабельной линии, на параллельной жиле наводится потенциал соразмерный поданному напряжению. Данные приведены на опыте XX (хх-холостого хода) при разном уровне поданного напряжения рис. 3 – рис. 8. При отсутствии нагрузки синусоида наведенного напряжения чистая и имеет небольшой угол отставания, по отношению к поданному напряжению. При подключении нагрузки в виде катушки промежуточного реле, уровень наведенного напряжения падает и составляет 3% от поданного напряжения рис. 9 – рис. 11. Уровень сигнала наведенного напряжения имеет пилообразный вид хаотического характера, с высокими пиками аperiодической составляющей. На следующем опыте в схему был подключен конденсатор параллельно катушки пускателя рис. 12 – рис. 13, аналогично принятым решениям при наладке электрооборудования и пуске установки. Уровень сигнала наведенного напряжения снизился до 731,67 мВ и принял вид чистой синусоиды без существенных помех.

**Заключение.** Предложенное техническое решение, по применению нагрузочных конденсаторов, опробованное на практике, подтверждено лабораторным исследованием. Приводит к значительному снижению помех, повышению надежности схемы управления, помехоустойчивости узла и чистоте управляющего сигнала катушки пускателя. Данное техническое решение в

дальнейшем может быть применено на производстве, для апробации результата по применению нагрузочных конденсаторов и наработки на отказ. Для дальнейшего усовершенствования и применения в рамках РЗА. Устройство РЗА – это совокупность элементов, установленных на одном энергетическом объекте и предназначенных для решения конкретной задачи. В дальнейшем необходимо доработать нагрузочный узел как устройство, которое может являться самостоятельной единицей защиты, если оно содержит сигнальный элемент, по которой можно судить о его срабатывании [4].

#### Список литературы

1. Дроздова О. В., Якубович М.В. Исследование влияния системы тягового электроснабжения переменного тока на отключенные линии электропередачи // Вестник МГТУ. 2010.Т.13. №4/2. С. 918-922.
2. Тураев В. А. О наведенных напряжениях на воздушных линиях // Электрические станции. 1995 №8. С. 48-53.
3. Костенко М. В. Влияние электрических сетей высокого напряжения на техно- и биосферу. Л., ЛПИ, 1984. 56 с.
4. Федоров В. А. Библия релейной защиты и автоматики. – Новосибирск: Новосибирский институт повышения квалификации, 2004. – 278 с.