

## ЗАЩИТА РЕВЕРСИВНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С УМЕНЬШЕНИЕМ «МЕРТВОЙ» ЗОНЫ

**Наталья Анатольевна Мазуха**, кандидат технических наук,  
доцент кафедры электрификации сельского хозяйства  
**Владимир Владимирович Картавцев**, кандидат технических наук, доцент,  
зав. кафедрой электрификации сельского хозяйства  
**Анатолий Павлович Мазуха**, кандидат технических наук,  
доцент кафедры электрификации сельского хозяйства

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.1.88

Целью исследования является разработка схемы защиты реверсивного трехфазного асинхронного двигателя с использованием защитного устройства УБЗ-302. Предмет исследования – защита трехфазного реверсивного асинхронного двигателя. В предлагаемой схеме был использован универсальный блок защиты электродвигателей УБЗ-302. Блок обеспечивает защиту асинхронных электродвигателей мощностью от 2,5 до 30,0 кВт при использовании встроенных токовых трансформаторов и до 315 кВт – при использовании внешних токовых трансформаторов. Блок защиты УБЗ-302 защищает электродвигатели при токовой перегрузке, тепловой перегрузке, обрыве фазы, затяжном пуске, перегреве обмоток, минимальном или максимальном линейном напряжении, перекосе линейных напряжений, нарушении порядка чередования фаз и в некоторых других случаях. Была поставлена задача при разработке предлагаемой схемы не исключать функцию «Контроль порядка следования фаз» при защите реверсивного двигателя. Однако в этом случае традиционное реле контроля фаз с указанной функцией при реверсировании двигателя будет ложно срабатывать и отключать катушку реверсивного пускателя, что противоречит поставленной задаче. Для уменьшения «мертвой» зоны защиты и подключения реле контроля фаз ниже силовых контактов реверсивного пускателя некоторые фирмы специально выпускают реле контроля фаз без функции «Контроль порядка следования фаз», что является недостатком защиты. Сохранение вышеуказанной функции и уменьшение «мертвой» зоны защиты достигаются за счет специального решения. Предлагаемая схема защиты реверсивного трехфазного асинхронного двигателя с использованием защитного устройства УБЗ-302, позволяющая уменьшить «мертвую» зону защиты при обрыве одной из фаз питающей сети с сохранением функции «Контроль порядка следования фаз», может быть реализована силами обслуживающего персонала, так как она полностью состоит из аппаратов, выпускаемых отечественной промышленностью.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** реверсивный двигатель, универсальный блок защиты электродвигателей, неполнофазный режим питающей сети, функция «Контроль порядка следования фаз».

The objective of this study was to develop a scheme for protection of a reversible three-phase asynchronous engine using the UBZ-302 security device. The subject of study was the protection of a three-phase reversible asynchronous engine. The proposed scheme included the UBZ-302 universal security unit for electric motors. This unit provides protection of 2.5 kW to 30.0 kW asynchronous electric motors when using built-in current transformers and up to 315 kW with external current transformers. The UBZ-302 security unit protects electric motors in case of current overload, thermal overload, phase loss, slow start, overheating of coils, minimum or maximum line voltage, imbalance of line voltages, violation of the order of phase sequence and some others. During the development of the proposed scheme the authors set a task not to exclude the function of controlling the order of phases in the protection of a reverse engine. However, in this case when the engine is reversing the traditional control phase relay with the mentioned function will be returning a false response and disconnecting the coil of a reversing starter, which is contrary to the designated task. In order to reduce the dead zone of protection and connection of phase control relay below the power contacts of the reversing starter some companies produce phase control relays without the function of controlling the order of phases, which is a drawback in protection. Preservation of the mentioned function and reduction of the dead zone of protection can be achieved due to a specific schematic solution. The proposed protection scheme of a reversible three-phase asynchronous engine using the UBZ-302 security device allows reducing the dead zone of protection in case of loss of one phase of the supplying network while retaining the function of controlling the order of phases. This scheme can be implemented even by unskilled personnel, since it includes only devices produced by native industries.

**KEY WORDS:** reversible engine, universal protection unit for electric motors, open-phase mode of power supply, function of controlling the order of phases.

**В**едущие отечественные и зарубежные фирмы продолжают интенсивно совершенствовать защиту трехфазных асинхронных электродвигателей при неполнофазных режимах питающей сети, делая эту защиту все более многофункциональной и объединяя ее с защитами по току, температуре и другим параметрам электродвигателей [5, 7, 8]. Большое внимание этому вопросу уделено в работах [2, 3, 4].

Целью исследования является разработка схемы защиты реверсивного трехфазного асинхронного двигателя с использованием защитного устройства УБЗ-302.

Предмет исследования – защита трехфазного реверсивного асинхронного двигателя.

В предлагаемой нами схеме был использован универсальный блок защиты электродвигателей УБЗ-302 (компания Новатек-Электро). Блок обеспечивает защиту асинхронных электродвигателей мощностью от 2,5 до 30 кВт при использовании встроенных токовых трансформаторов и до 315 кВт – при использовании внешних токовых трансформаторов.

В статье использованы некоторые ранее опубликованные рекомендации различных авторов [1, 4-10].

Блок защиты УБЗ-302 выполняет защиту электродвигателей при токовой перегрузке, тепловой перегрузке, затяжном пуске, перегреве обмоток, минимальном или максимальном линейном напряжении, перекосе линейных напряжений, нарушении порядка чередования фаз, обрыве фазы и в некоторых других случаях.

При разработке предлагаемой схемы была поставлена задача не исключать функцию «Контроль порядка следования фаз» при защите реверсивного двигателя. Если при построении схемы защиты с названной функцией и защиты двигателя при неполнофазных режимах питающей сети подключить три входные клеммы традиционных реле контроля фаз (ЕЛ12 и др.) до силовых контактов магнитного пускателя, то защита будет иметь увеличенную «мертвую» зону, включающую в себя силовые контакты реверсивного магнитного пускателя, что невыгодно.

Если стремиться уменьшить «мертвую» зону защиты при обрыве фазы, то входные три клеммы традиционных реле контроля фаз необходимо подключить ниже силовых контактов реверсивного пускателя [2, 3].

Однако в этом случае традиционное реле контроля фаз с функцией «Контроль порядка следования фаз» при реверсировании двигателя будет ложно срабатывать и отключать катушку реверсивного пускателя, что противоречит поставленной задаче.

Тогда для уменьшения «мертвой» зоны защиты и подключения реле контроля фаз ниже силовых контактов реверсивного пускателя некоторые фирмы специально выпускают реле контроля фаз без функции «Контроль порядка следования фаз», что является недостатком защиты.

Предлагаемая нами схема защиты позволяет подключить три входные клеммы реле контроля фаз ниже силовых контактов реверсивного пускателя, не исключая функцию «Контроль порядка следования фаз» (рис. 1 и 2).

В схеме на рисунке 1 приняты следующие обозначения:

QF – автоматический выключатель с электромагнитным и тепловым расцепителями;

FU – предохранитель;

КМВ, КМН – пускатели соответственно для включения двигателя «Вперед» и «Назад»;

KV1 – промежуточное реле;

SB1-SB3 – кнопки.

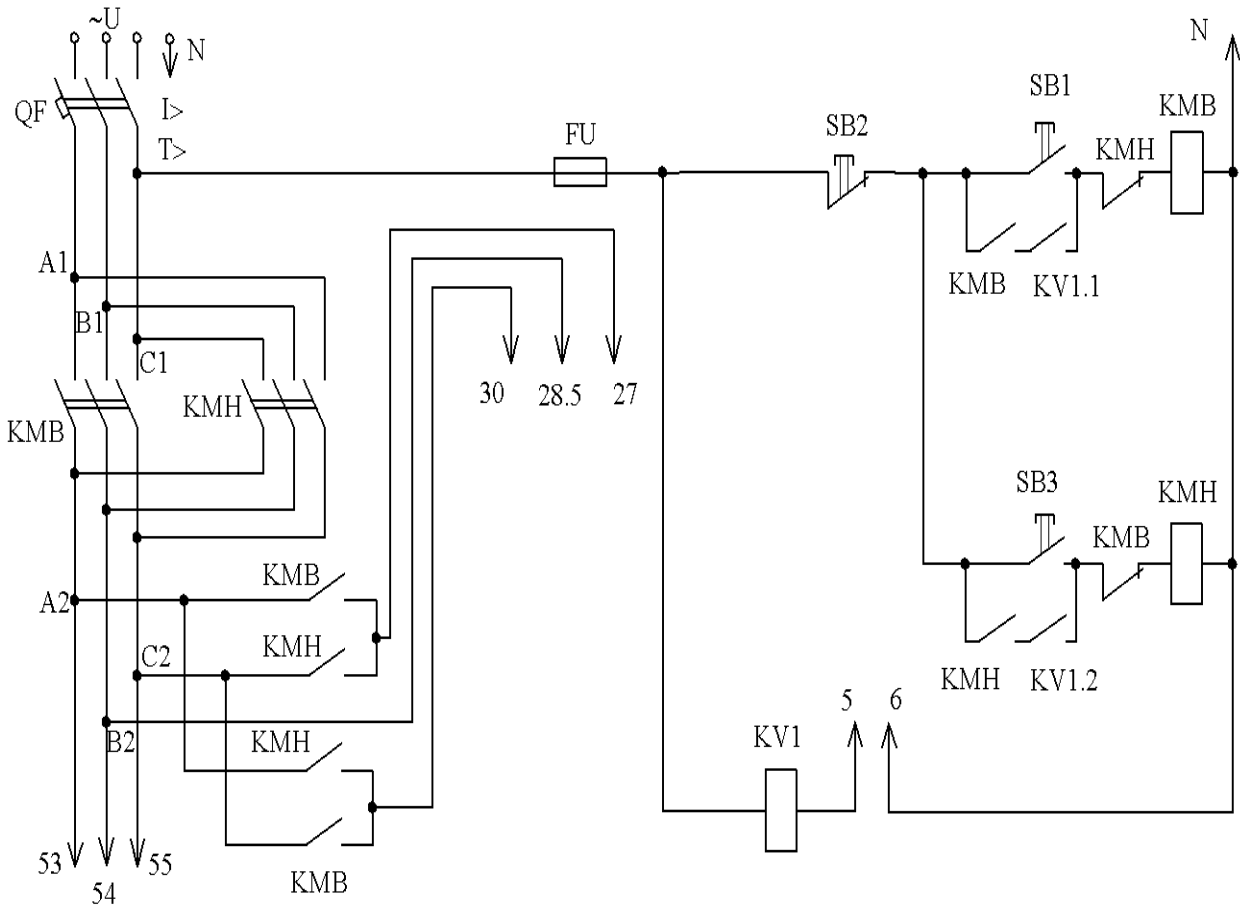


Рис. 1. Предлагаемая схема защиты (начало)

В схеме на рисунке 2 приняты следующие обозначения:

- М – электродвигатель;
- ТА1-ТА4 – трансформаторы тока;
- Р1, Р2 – датчики температур;
- К1 – реле нагрузки;
- К2 – функциональное реле;
- FU1 - FU3 – предохранители.

Остальные буквенные и цифровые обозначения на клеммных колодках блока УБЗ-302 приняты по паспорту фирмы-изготовителя и поэтому здесь не описываются.

Сохранение функции «Контроль порядка следования фаз» и уменьшение «мертвой» зоны защиты достигаются за счет специального схемного решения.

Рассмотрим работу схемы подробнее. Пусть блок УБЗ-302 настроен на нужные параметры защиты, пусть на входе схемы имеем трехфазный режим питающей сети и автоматический выключатель QF включен. Тогда при нажатии кнопки SB1 включается пускатель КМВ. Силовые контакты КМВ включают двигатель М для вращения «Вперед», а вспомогательные контакты КМВ соединяют точки А2, В2 и С2 соответственно с клеммами L1, L2 и L3 блока защиты УБЗ-302. Такое переключение контактов КМВ сохраняет необходимую последовательность питающих фаз сети на входах L1, L2 и L3 блока защиты, поэтому после проверки блоком уровня изоляции реле К1 в блоке замыкает контакт 5 - 6, что приводит к включению реле KV1 и созданию цепи подпитки катушки КМВ через контакты KV1.1 и КМВ, после чего кнопку SB1 можно отжать.

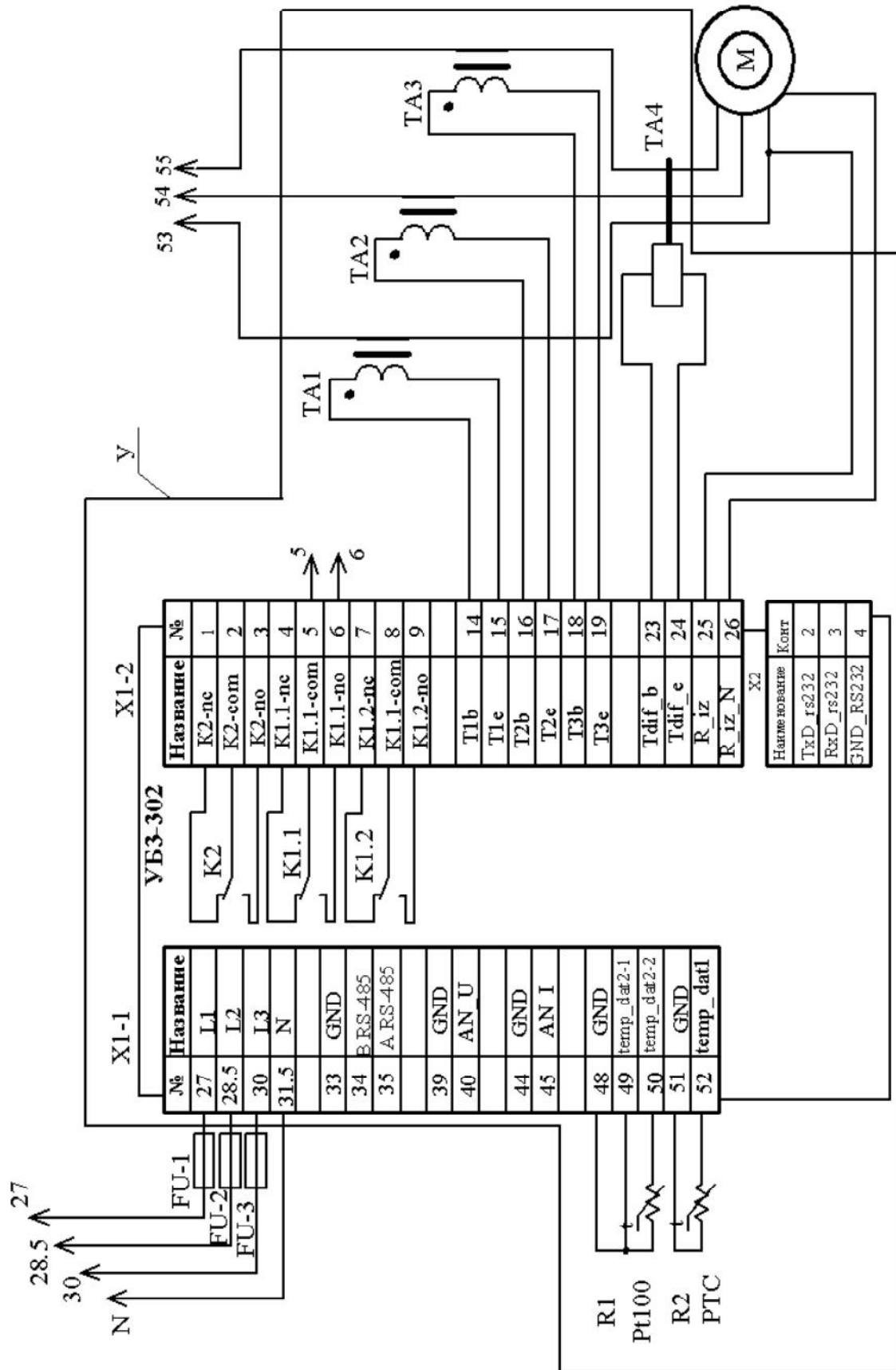


Рис. 2. Предлагаемая схема защиты (окончание)

Для включения двигателя в направлении «Назад» надо сначала нажать кнопку SB2, а затем кнопкой SB3 включить катушку КМН. Силовые контакты пускателя КМН реверсируют двигатель, а два вспомогательных контакта КМН соединяют точки А2, В2 и С2 соответственно с клеммами L3, L2 и L1. Такое переключение контактов КМН, несмотря на смену питающих фаз А и С на входе двигателя М, сохраняет прежнюю последовательность питающих фаз сети на входах L1, L2 и L3 блока УБЗ-302, поэтому реле К1 в блоке своим контактом 5 - 6 включает реле KV1, что приводит к созданию цепи подпитки катушки КМН через контакты KV1.2 и КМН, после чего кнопку SB2 можно отжать.

Такое схемное решение позволяет создать узлы А2, В2 и С2 как можно ближе к клеммам клеммного щитка защищаемого двигателя, а значит, свести до минимума «мертвую» зону защиты при обрыве фазы. Таким образом, теперь при обрыве любой из фаз ниже силовых контактов реверсивного пускателя (соответственно до узлов А2, В2 и С2 со стороны источника питания) блок защиты УБЗ-302 разомкнет контакт 5 - 6 и поэтому реле KV1 отключит нужную катушку реверсивного пускателя.

Кроме того, эта же схема позволяет у блока УБЗ-302 использовать функцию «Контроль порядка следования фаз». Поясним это подробнее. Пусть на входе в силовую схему двигателя М аварийная бригада ошибочно поменяла местами фазы А и С и об этом оператор цеха не знает. Тогда при нажатии оператором кнопки SB3 и включении силовых контактов пускателя КМН входная фаза С попадет на провод 55, а входная фаза А – на провод 53, то есть на входе двигателя М от проводов 53, 54 и 55 соответственно появятся фазы А, В и С.

При отсутствии предлагаемой защиты это привело бы к неожиданному нештатному включению двигателя М в направлении «Вперед», что недопустимо по запланированному технологическому процессу.

Предложенная схема защиты в этом случае не позволит двигателю включиться в направлении «Вперед», так как сразу после включения пускателя КМН вспомогательные контакты КМН, соединив узлы А2, В2 и С2 соответственно с клеммами 30, 28.5 и 27 блока УБЗ-302, подадут на клеммы L1, L2 и L3 блока защиты фазы питающей сети в обратной последовательности, что приведет к срабатыванию реле К1 в блоке УБЗ-302. Поэтому контакт 5 - 6 разомкнется и отключит катушку KV1. Это приведет к отключению пускателя КМН контактом KV1.2. То есть двигатель не будет включен для работы в ошибочном направлении вращения «Вперед».

Предлагаемая схема защиты в условиях сельскохозяйственного производства может быть реализована силами обслуживающего персонала, так как она полностью состоит из аппаратов, выпускаемых отечественной промышленностью.

### Список литературы

1. Кудрявцев И.Ф. Автоматизация производственных процессов на животноводческих фермах и комплексах : учебник для вузов / И.Ф. Кудрявцев, О.Б. Карасев, Л.Н. Матюнина. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 223 с.
2. Мазуха Н.А. Использование новых электрических аппаратов : монография. – Воронеж : Центрально-Черноземное книжное изд-во, 2008. – 103 с.
3. Мазуха Н.А. Новые схемные решения для управления, защиты и диагностики электродвигателей : монография. – Воронеж : Центрально-Черноземное книжное изд-во, 2004. – 218 с.
4. Оськин С.В. Повышение надежности защиты электронасосных агрегатов от обрыва фазы / С.В. Оськин, А.Ф. Кроневальд, В.А. Дидыч // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 4. – С. 27-29.
5. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем : учеб. пособие / А.М. Федосеев. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 410 с.
6. Фоменков А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий : учебник для вузов / А.П. Фоменков. – Москва : Колос, 1984. – 288 с.
7. Чернобровов Н.В. Релейная защита : учеб. пособие / Н.В. Чернобровов. – Москва : Энергия, 1974. – 260 с.
8. Чунихин А. А. Электрические аппараты : учебник для вузов / А.А. Чунихин. – Москва : Энергоатомиздат, 1988. – 310 с.
9. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок : учеб. пособие для средних специальных учеб. заведений ; под ред. И.Ф. Кудрявцева. – Москва : Агропромиздат, 1988. – 480 с.
10. Электропривод и применение электрической энергии в сельском хозяйстве : базовый учебник по электроприводу для инженеров-механиков сельскохозяйственного производства / Г.И. Назаров, Н.П. Олейник, А.П. Фоменко, И.М. Юровский. – Москва : Колос, 1972. – 446 с.