

УДК 621.3.004.58

Б.Т. Кононов, А.С. Михайленко, А.В. Сахно

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОВЕРКИ ПРАВИЛЬНОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ СЧЕТЧИКА АКТИВНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Излагается способ проверки правильности включения трехфазных двухэлементных счетчиков активной электрической энергии, позволяющий автоматизировать процесс проверки. Описывается работа устройства, обеспечивающего реализацию предложенного способа.

Ключевые слова: трехфазные двухэлементные счетчики, счетчики активной электрической энергии.

Введение

Постановка проблемы. В трехфазных сетях переменного тока при измерении активной мощности и регистрации потребленной активной электрической энергии принято [1] применять двухэлементные измерители, принцип действия которых основан на использовании следующих соотношений. Мгновенное значение мощности трехфазной сети равно сумме мгновенных мощностей отдельных фаз.

$$P_A + P_B + P_C = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C, \quad (1)$$

где $P_A, P_B, P_C, u_A, u_B, u_C, i_A, i_B, i_C$ – мгновенные значения фазных мощностей, напряжений и токов.

При соединении электроприемников по схеме «звезда» сумма мгновенных значений фазных токов равна нулю, т.е. $i_A + i_B + i_C = 0$. При соединении электроприемников по схеме «треугольник» сумма мгновенных значений фазных напряжений также равна нулю, т.е. $u_A + u_B + u_C = 0$. Определяя значение любого фазного тока (напряжения) через два других тока (два других напряжения), мгновенное значение мощности можно определить из соотношения:

$$p = u_{AB} i_A + u_{CB} i_C. \quad (2)$$

Переходя от мгновенного значения мощности к среднему за период значению, получим:

$$P = U_{AB} \cdot I_A \cos \varphi_1 + U_{CB} \cdot I_C \cos \varphi_2, \quad (3)$$

где U_{AB}, U_{CB}, I_A, I_C – действующее значение линейных напряжений и фазных токов; φ_1, φ_2 – углы сдвига фаз между напряжениями и токами.

Активная энергия трехфазной системы, потребляемая в интервале времени от t_1 до t_2 определяется с использованием выражения (3):

$$W = \int_{t_1}^{t_2} (U_{AB} I_A \cos \varphi_1 + U_{CB} I_C \cos \varphi_2) dt. \quad (4)$$

В зависимости от характера нагрузки один из углов φ_1 или φ_2 может быть больше $\pi/2$, а соответствующий ваттметр будет давать показания со знаком минус. Неверные показания будут также и в случае,

когда счетчики, используемые для регистрации потребляемой электрической энергии, подключены неправильно. При организации учета и контроля расхода электрической энергии необходимо исключить возможность ошибочного подключения счетчиков электроэнергии, а для этого необходимо иметь возможность проверки правильности подключения расчетных и контрольных трехфазных двухэлементных счетчиков активной энергии.

Анализ литературы. Вопросы измерения активной мощности и энергии в цепях трехфазного переменного тока рассмотрены в [1]. Здесь же рассмотрены схемы включения ваттметров и счетчиков. В [2, 3] рекомендовано для проверки правильности включения счетчиков использовать метод контроля, основанный на построении векторных диаграмм. На рис. 1 показана векторная диаграмма токов и напряжений и зона изменения фазных токов при изменении индуктивности нагрузки. Процедура построения векторной диаграммы достаточно сложна и, в свою очередь, не исключает субъективных ошибок.

Цель статьи. Изложение предложенного способа автоматизации процесса проверки правильности схемы включения счетчика и описание устройства, обеспечивающего его реализацию.

Основной материал

Правильному включению счетчика соответствует строго определенный диапазон углов между фазными токами и линейными напряжениями. Угол между током I_A фазы А и линейным напряжением U_{AB} может изменяться от $2\pi/3$ при чисто индуктивной нагрузке до $\pi/6$ при чисто активной нагрузке. Ток I_C фазы С по отношению к линейному напряжению U_{CB} может соответственно опережать линейное напряжение на угол, равный $\pi/6$, или отставать от него на угол, равный $\pi/3$. Реальные диапазоны изменения углов меньше указанных, так как значение $\cos \varphi$ строго нормировано ($1 \leq \cos \varphi \leq 0,6$), что соответствует углам от 0° до 53° .

Если счетчик включен правильно, то векторы

токов I_A и I_C будут находиться в зоне А и В (рис. 1). Если векторы I_A и I_C расположены не в этих зонах, то счетчик включен неправильно. Схема устройства, реализующего предложенный способ проверки, приведена на рис. 2. На рис. 3 приведены временные диаграммы напряжений, иллюстрирующие работу устройства при правильном (рис. 3, а) и неправильном (рис. 3, б) включении счетчика. При правильном подключении клемм устройства к соответ-

ствующим клеммам счетчика и правильном включении счетчика на вторичных обмотках согласующих трансформаторов 1 – 4 появляется синусоидальное напряжение, которое подается на входы формирователей 5 – 8 прямоугольных импульсов. Формирователи 5 – 8 прямоугольных импульсов преобразуют положительную полуволну синусоидального напряжения в прямоугольный импульс при переходе синусоиды через нуль (рис. 3).

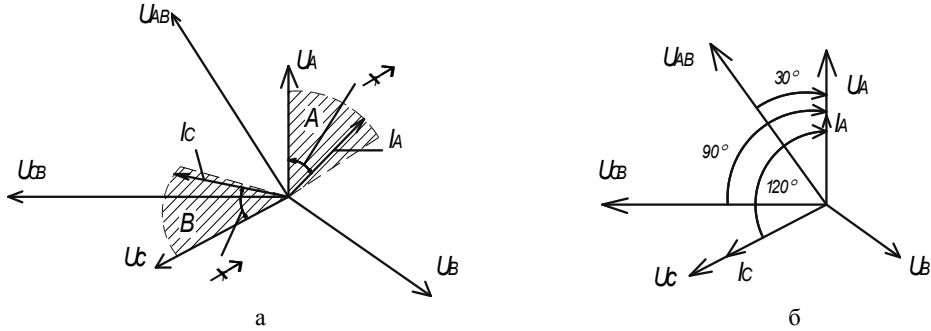


Рис. 1. Векторная диаграмма двухэлементного трехфазного счетчика активной энергии .
а – активно – индуктивная нагрузка $0,6 \leq \cos\varphi \leq 1$; б – активная нагрузка $\cos\varphi = 1$

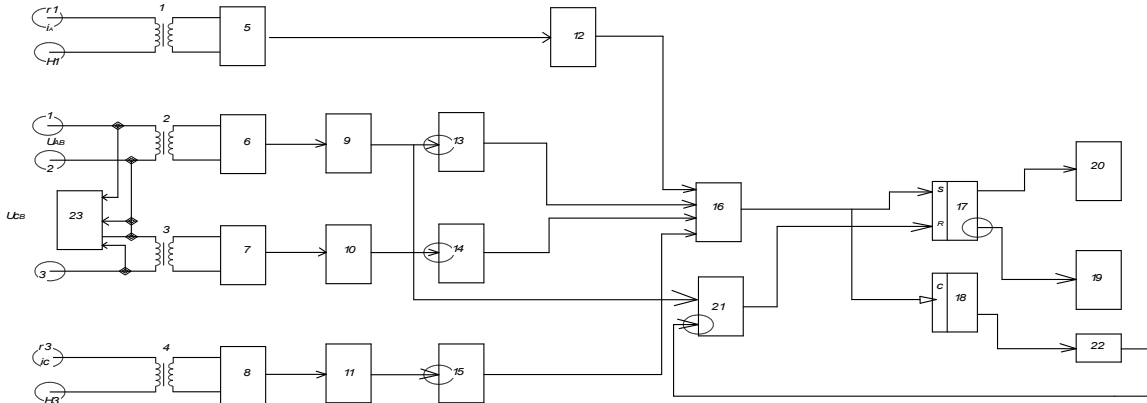


Рис. 2. Устройство для проверки правильности включения трехфазного двухэлементного счетчика активной электрической энергии

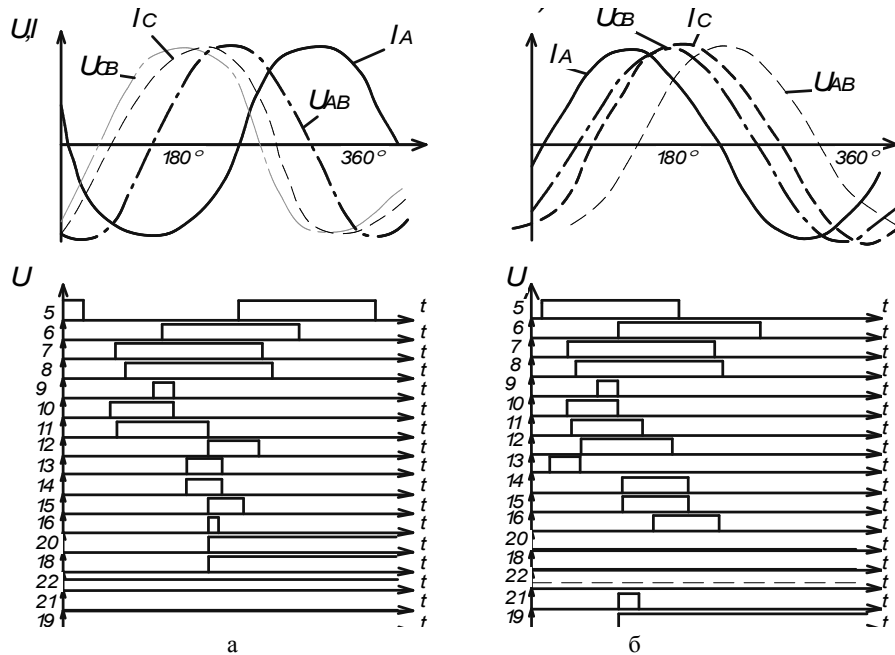


Рис. 3. Временные диаграммы работы устройства

Длительность импульсов при частоте тока в сети $f_c = 50$ Гц составляет 10 мс. Импульсное напряжение с выходов формирователей 6 – 8 прямоугольных импульсов подается на выходы формирователей 9 – 11 импульсов задержки, которые по переднему фронту входных импульсов формируют на своих выходах импульсы длительностью, соответствующей углам поворота векторов U_{AB} , U_{CB} и I_C . Поворот векторов необходим для того, чтобы совместить их с вектором тока I_A при чисто активной нагрузке ($\cos\varphi = 1$). Для этого необходимо повернуть вектор U_{AB} на 30° , что соответствует 1,66 мс, вектор U_{CB} – на 90° (5 мс) и вектор I_C – на 120° (6,66 мс).

Импульс с выхода формирователя 5 прямоугольных импульсов поступает на вход формирователя 12 длительности импульсов, который срабатывает по переднему фронту и на выходе формирует положительный импульс длительностью 3 мс, что обеспечивает перекрытие зоны А (рис. 1) изменения $\cos\varphi$ от 1 до 0,6 ($0^\circ \leq \varphi \leq 53^\circ$).

Формирователи 13 – 15 по заднему фронту импульсов с выходов формирователей 9 – 11 формируют положительные импульсы длительностью 3 мс, тем самым, обеспечивая перекрытие зон изменения фаз соответствующих токов и напряжений (рис. 3) при изменении $\cos\varphi$ до 0,7.

Таким образом, на четыре входа элемента И 16 при правильном включении счетчика поступают четыре импульса, сдвинутых один относительно другого на длительность, соответствующую текущему значению φ_T , с длительностью, соответствующей максимальному значению $\varphi_{\max} = 53^\circ$ (3 мс). Поэтому входные импульсы совпадают хотя бы в одной точке (при $\varphi_T = \varphi_{\max}$) и на выходе элемента И 16 присутствуют импульсы совпадения, которые устанавливают триггер 17 в состояние логической «1» (рис. 3, а), что приводит к включению индикатора 20 «Правильно». Одновременно импульсы совпадения поступают на счетный вход триггера 18, вызывая появление импульсного напряжения (типа меандр) на его выходе, а преобразователь 22 импульсного напряжения в постоянное выдает логическую «1» на запрещающий вход элемента ЗАПРЕТ 2,

тем самым исключая выдачу импульсов сброса с выхода формирователя 9 импульсов задержки на вход установки в «0» триггера и на допуская изменения состояния этого триггера.

При направленном включении счетчика (например, когда изменено направление тока фазы А) на четыре входа элемента И 16 поступают импульсы, не совпадающие одновременно ни в одной точке (рис. 3, б), поэтому на его выходе присутствует логический «0», и триггер 18 не изменяет своего состояния, т. е. на его выходе постоянное напряжение, а это, в свою очередь, приводит к формированию логического «0» на выходе преобразователя 22 импульсного напряжения в постоянное, которое поступает на вход элемента «Запрет» 21.

При этом импульсы с выхода формирователя 9 импульсов задержки поступают через элемент «Запрет» 21 на вход триггера 17 и устанавливают его в состояние логического нуля на прямом и в состояние логической единицы на инверсных выходах, что приводит к включению индикатора 19 «Неправильно».

Вывод

Предложенное устройство позволяет исключить операцию построения векторной диаграммы при проверке схемы включения счетчика, и тем самым автоматизировать процесс проверки.

Список литературы

1. Курс електричний вимірювання. Частина II / Під ред. В.Т. Приткова і А.У. Талицького.. – К.: Техніка, 1998. – 320 с.
2. Справочник по электропотреблению в промышленности. – М.: Энергия, 1978. – 496 с.
3. Васильев С.Е. Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики / С.Е. Васильев. – К.: Наукова думка, 1972. – 624 с.

Поступила в редколлегию 3.09.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Н. Чинков, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВКЛЮЧЕННЯ ЛІЧИЛЬНИКА АКТИВНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Б.Т. Кононов, А.С. Михайленко, О.В. Сахно

Описується спосіб перевірки правильності включення трифазного двоелементного лічильника активної електричної енергії, який дозволяє автоматизувати процес перевірки. Пояснюється робота пристрою, що забезпечує реалізацію запропонованого способу.

Ключові слова: трифазні двоелементні лічильники, лічильники активної електричної енергії.

AUTOMATION PROCESS VERIFICATION RIGHTNESS INCLUDING METER ACTIVE ENERGY

B.T. Kononov, A.S. Mykhaylenko, A.V. Sakhno

Expound method verification rightness including three-phase two-element meter active electric energy, allow process verification automatism. Describe work device, realization offer method provide.

Keywords: two-element meters of three-phases, meters active electric energy.