

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий

В.Б. Шлейников

УЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Методические указания
к лабораторной работе

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург
2011

УДК 621.316.176(07)

ББК 31.29-5я7

Ш 68

Рецензент – доцент, кандидат технических наук А.В. Садчиков

Шлейников, В.Б.

Ш 68

Учет электрической энергии в сетях промышленных предприятий: методические указания к лабораторной работе / В.Б. Шлейников; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2011. – 34 с.

В методических указаниях рассмотрены приборы учета электроэнергии, распространенные в сетях промышленных предприятий и их схемы включения, а также рассмотрены вопросы, связанные с организацией учета электрической энергии в сетях промышленных предприятий.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Электроснабжение предприятий» для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 140106 - Энергообеспечение предприятий.

УДК 621.316.176(07)

ББК 31.29-5я7

© Шлейников В.Б., 2011

© ОГУ, 2011

Содержание

1 Лабораторная работа №2 Учет электрической энергии в сетях промышленных предприятий	5
1.1 Краткие теоретические сведения.....	5
1.2 Устройство однофазного электромеханического счетчика индукционного типа..	6
1.3 Устройство статического счетчика	9
1.4 Общие положения организации учета электроэнергии на промышленном предприятии	11
1.5 Пункты установки средств учета электроэнергии	12
1.6 Требования к расчетным счетчикам.....	14
1.7 Учет с применением измерительных трансформаторов	14
1.8 Установка счетчиков и электропроводка к ним.....	15
1.9 Технический учет	16
1.10 Схемы соединения приборов	16
1.11 Описание лабораторной установки ИЭМЭ.003	18
1.12 Измерение активной мощности в однофазной сети	20
1.13 Измерение активной мощности в трехфазной сети.....	22
1.14 Измерение реактивной мощности в трехфазной сети.....	24
1.15 Измерение электроэнергии индукционным счетчиком	26
1.15.1 В однофазной сети	26
1.15.2 В трехфазной сети	27
1.16 Измерение электроэнергии электронным счетчиком.....	29
1.16.1 В однофазной сети счетчиком активной электроэнергии.....	29
1.16.2 В трехфазной сети счетчиком активной электроэнергии	29
1.16.3 В трехфазной сети счетчиком реактивной электроэнергии.....	30

1.17 Снятие показаний приборов.....	30
2 Контрольные вопросы.....	31
3 Литература, рекомендуемая для изучения темы.....	32
Список использованных источников	34

1 Лабораторная работа №2 Учет электрической энергии в сетях промышленных предприятий

Цель лабораторной работы – изучение типовых способов измерения мощности и учета электрической энергии на промышленном предприятии.

Задачи:

1 Изучить принцип действия и типовые схемы включения приборов электро-механического типа для измерения мощности и учета электрической энергии.

2 Изучить принцип действия и типовые схемы включения приборов статического типа для учета электрической энергии.

3 Изучить дополнительные условия и требования к организации учета электрической энергии в сетях промышленных предприятий

1.1 Краткие теоретические сведения

Счетчиком электрической энергии называют интегрирующий по времени прибор для измерения количества электрической энергии.

Электро-механическим счетчиком называется измерительный прибор, в котором токи, протекающие в неподвижных катушках, взаимодействуют с токами, индуцируемыми в подвижном элементе, что приводит его в движение, при котором число оборотов пропорционально измеряемой энергии.

Статическим счетчиком называется измерительный прибор, в котором ток и напряжение воздействуют на твердотельные (электронные) элементы для создания на выходе импульсов, число которых пропорционально измеряемой энергии.

Историческая справка

В 1885 году Галилео Феррарис обнаружил, что два не совпадающих по фазе поля переменного тока могут заставить вращаться сплошной ротор, такой как диск или цилиндр. В 1888 году независимо от него Николая Тесла тоже открыл вращающееся электрическое по-

ле. Эти открытия послужили основой для создания индукционных двигателей и открыли путь индукционным счетчикам.

В 1889 году Отто Титуц Блати, Венгрия, запатентовал "Электрический счетчик для переменных токов" (патент Германии № 52.793, патент США № 423.210). Как описывается в патенте, "Этот счетчик, по существу, состоит из металлического вращающегося тела, такого как диск или цилиндр, на который действуют два магнитных поля, сдвинутые по фазе друг относительно друга. Это смещение фаз является результатом того, что одно поле создается главным током, в то время как другое поле образуется за счет катушки с большой самоиндукцией, шунтирующей те точки цепи, между которыми измеряется потребляемая энергия. Однако магнитные поля не пересекаются в теле вращения, а проходят сквозь разные его части, независимо друг от друга".

Благодаря этому удалось достичь внутреннего смещения фаз почти ровно на 90° , и счетчик отображал ватт-часы более или менее корректно. В счетчике использовался тормозной электромагнит и циклометрический регистр. Первые счетчики крепились на деревянной основе, и весили 23 кг.

В 1894 году Оливер Блэкбурн Шелленбергер (1860-1898) разработал счетчик ватт-часов индукционного типа. В нем катушки тока и напряжения располагались на противоположных сторонах диска, и два постоянных магнита замедляли движение этого диска. Этот счетчик тоже был большим и тяжелым и имел барабанный счетный механизм.

В последующие годы конструкция счетчика претерпела много изменений

1.2 Устройство однофазного электромеханического счетчика индукционного типа

Схематично, устройство однофазного индукционного счетчика показано на рисунке 1.

В зазоре между магнитопроводом 8 обмотки напряжения 7 и магнитопроводом 10 токовой обмотки 13 размещен подвижной алюминиевый диск 17, насаженный на ось 1, установленную в пружинящем подпятнике 15 и верхней опоре 5. Через

червяк 2, укрепленный на оси, и соответствующие зубчатые колеса вращение диска 17 передается к счетному механизму.

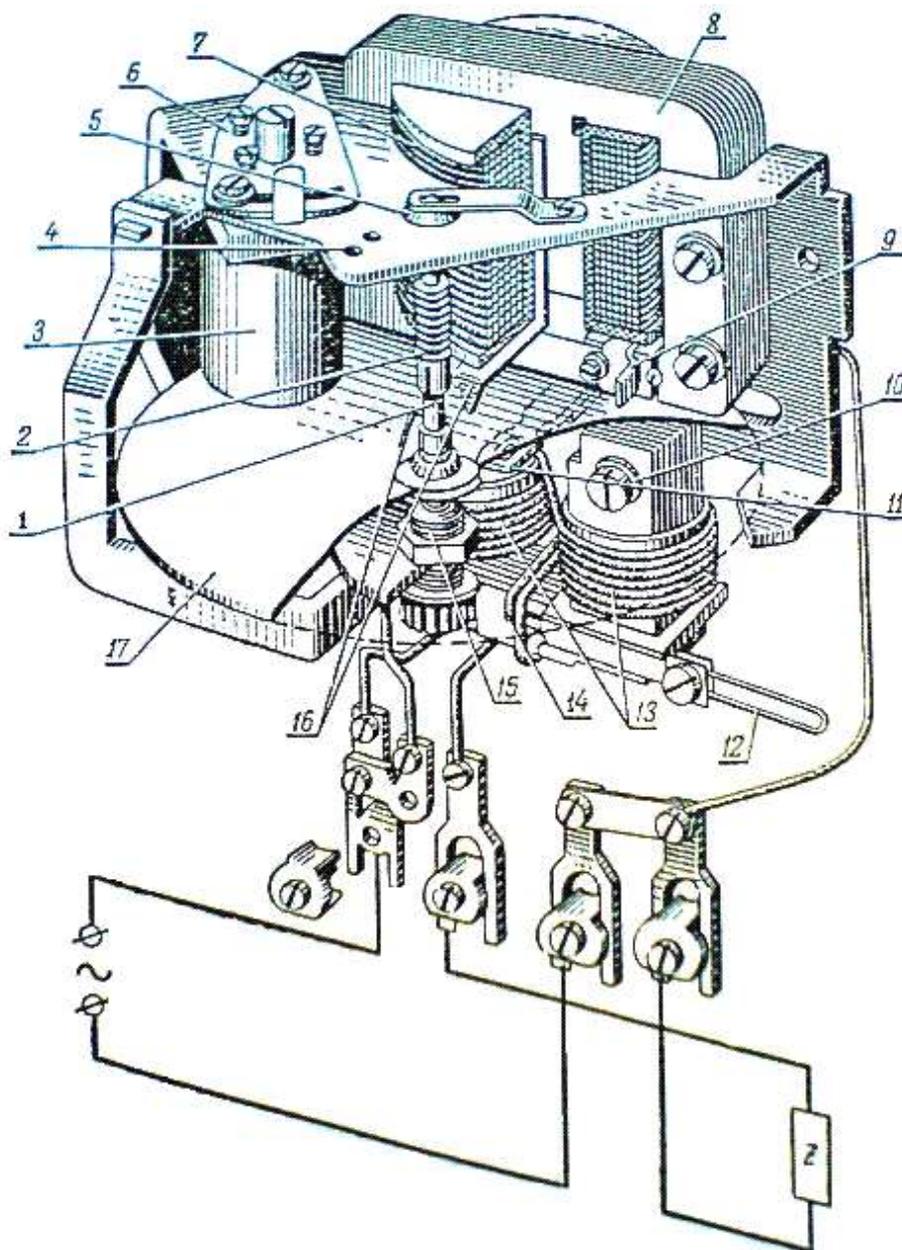


Рисунок 1 – Устройство однофазного индукционного счетчика

Для прикрепления счетного механизма к счетчику имеется отверстие 4. Токовая обмотка 13, включаемая последовательно в исследуемую цепь, состоит из малого числа витков, намотанных толстым проводом (соответственно номинальному току счетчика). Обмотка напряжения 7, включаемая в цепь параллельно, состоит из большего числа (8000 - 12000) витков, намотанных тонким проводом - диаметром 0,08 - 0,12 мм.

Когда к этой обмотке приложено переменное напряжение, а по токовой обмотке протекает ток нагрузки, в магнитопроводах 8 и 10 появляются переменные магнитные потоки, замыкающиеся через алюминиевый диск. Переменные магнитные потоки, пронизывая диск, наводят в нем вихревые токи. Эти токи, взаимодействуя с соответствующими потоками, образуют вращающий момент, действующий на подвижный алюминиевый диск.

При помощи постоянного магнита 3, в поле которого вращается диск счетчика, создается тормозной (противодействующий) момент. Установившаяся скорость вращения диска наступает при равенстве вращающего и тормозного моментов.

Число оборотов диска за определенное время будет пропорционально израсходованной энергии или установившаяся равномерная скорость вращения диска будет пропорциональна мощности при условии, что вращающий момент, действующий на диск, пропорционален мощности цепи, в которую включен счетчик.

Трение в механизме индукционного счетчика приводит к появлению погрешностей в показаниях. Особенно велико влияние сил трения при малых (5-10% номинальной) нагрузках индукционного счетчика, отрицательная погрешность достигает 12 - 15%.

Для уменьшения влияния сил трения в счетчиках применяют специальные устройства, называемые компенсаторами трения. На рисунке это пластинка 11, перемещая которую, регулируют величину компенсационного момента. Величина этого момента пропорциональна напряжению. Поэтому, при повышении приложенного напряжения, компенсационный момент может оказаться больше момента трения и появляется так называемый самоход, для устранения которого предусмотрено противосамоходное устройство в виде стальных крючка и пластинки 16.

Измеренная активная энергия, кВт·ч, определяется произведением мощности на время

$$W = P \cdot t. \quad (1)$$

Электромагниты напряжения 2 и тока 1 создают переменные магнитные потоки с углом фазового сдвига между ними 90° направленные перпендикулярно к плоскости диска.

Магнитные потоки Φ_U и Φ_I пронизывая алюминиевый диск, индуцируют в нем вихревые токи I_1' и $I_{U'}$. Взаимодействие магнитных потоков Φ_U и Φ_I с полем вихревых токов создает момент вращения подвижной части, кгс·м

$$M_{вр} = k \cdot \Phi_U \Phi_I \cdot \sin(90 - \varphi); \quad (2)$$

где k – поправочный коэффициент, зависящий от конструкции счетчика;

Φ_U – магнитный поток, создаваемый обмоткой напряжения;

Φ_I – магнитный поток, создаваемый обмоткой тока.

Магнитный поток Φ_U пропорционален приложенному напряжению U магнитный поток, Φ_I пропорционален току нагрузки I . Тогда $M_{вр}$, в кгс·м определится по

$$M_{вр} = k \cdot UI \cdot \cos\varphi. \quad (3)$$

1.3 Устройство статического счетчика

Электронный счетчик содержит датчики тока и напряжения, сигнал с которых поступает в аналогово-цифровой преобразователь и далее перемножается и суммируется микроконтроллером. Полученное значение отображается с помощью жидкокристаллического дисплея или сохраняется во встроенной памяти. Блок-схема электронного счетчика показана на рисунке 2.

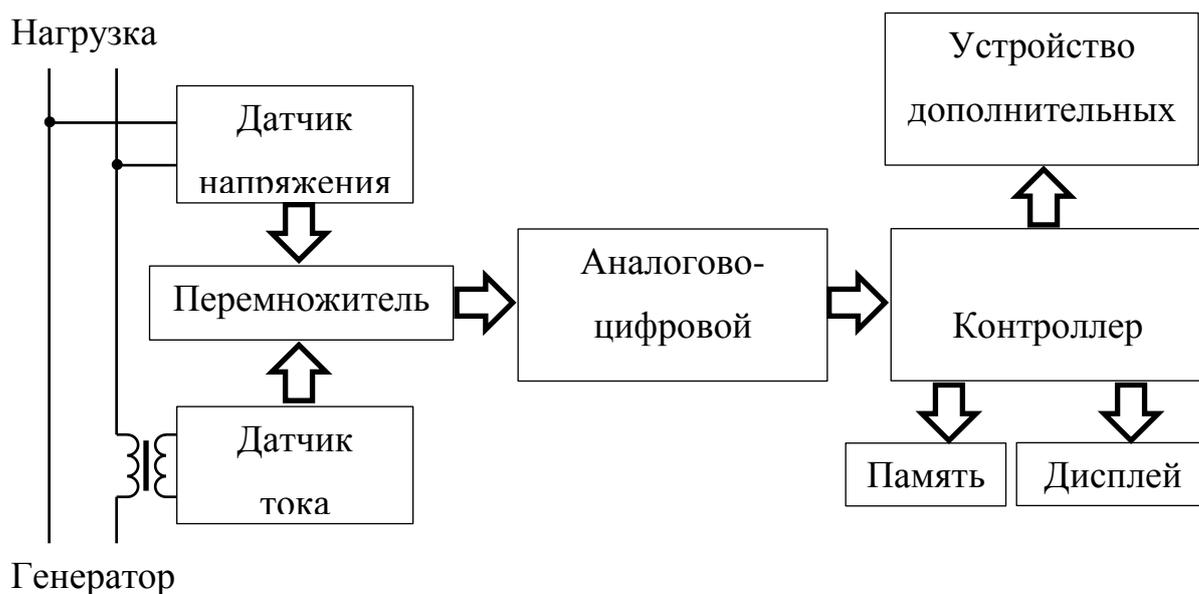


Рисунок 2 – Блок-схема электронного счетчика

Сигналы с датчиков и поступают на вход перемножителя, который перемножает входные сигналы, получая мгновенную потребляемую мощность.

Этот сигнал преобразуется в дискретный вид и поступает на вход микроконтроллера, преобразующего его в Вт·ч и, по мере накопления сигналов, изменяющего показания счетчика. Показания счетчика записываются в энергонезависимую память EEPROM для сохранения показаний счетчика.

Алгоритм работы программы для простейшего варианта такого счетчика показан на рисунке 3.

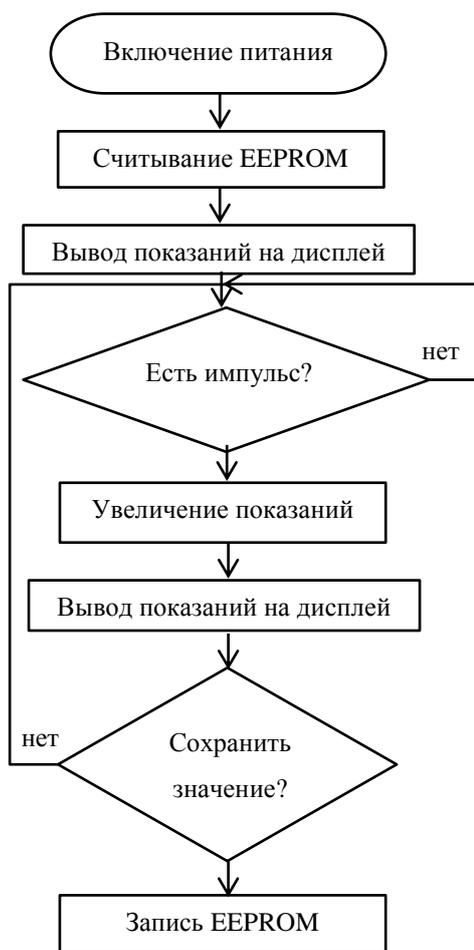


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма работы электронного счетчика

При включении питания микроконтроллер конфигурируется в соответствии с программой, считывает из EEPROM последнее сохраненное значение и выводит его на дисплей. Затем контроллер переходит в режим счета импульсов, поступающих от преобразователя, и, по мере накопления каждого Вт·ч, увеличивает показания счетчика.

Для предохранения от потери данных о накопленной энергии, значение записывается в EEPROM циклически друг за другом через определенное число изменений показаний счетчика.

1.4 Общие положения организации учета электроэнергии на промышленном предприятии

Расчетным учетом электроэнергии называется учет выработанной, а также отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее.

Счетчики, устанавливаемые для расчетного учета, называются **расчетными** счетчиками.

Техническим (контрольным) **учетом** электроэнергии называется учет для контроля расхода электроэнергии внутри предприятий, и пр.

Счетчики, устанавливаемые для технического учета, называются счетчиками **технического** учета.

Учет активной электроэнергии должен обеспечивать:

- определение количества энергии отпущенной потребителям из электрической сети;
- определения поступления электроэнергии в электрические сети разных классов напряжений энергосистемы;
- составления балансов электроэнергии;
- контроля над соблюдением потребителями заданных им режимов потребления и баланса электроэнергии.

Учет реактивной электроэнергии должен обеспечивать возможность определения количества реактивной электроэнергии, полученной потребителем от электроснабжающей организации или переданной ей, только в том случае, если по этим данным производятся расчеты или контроль соблюдения заданного режима работы компенсирующих устройств.

1.5 Пункты установки средств учета электроэнергии

Счетчики для расчета электроснабжающей организации с потребителями электроэнергии рекомендуется устанавливать на границе раздела сети (по балансовой принадлежности) электроснабжающей организации и потребителя. Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанции энергосистемы должны устанавливаться для каждой отходящей линии электропередачи.

Для линий до 10 кВ во всех случаях должны быть выполнены цепи учета, сборки зажимов, а также предусмотрены места для установки счетчиков.

Расчетные счетчики допускается устанавливать не на питающем, а на приемном конце линии у потребителя в случаях, когда трансформаторы тока на электростанциях и подстанциях, выбранные по току КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии.

Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанции, принадлежащей потребителю, должны устанавливаться:

1) на вводе (приемном конце) линии электропередачи в подстанцию потребителя при отсутствии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или другого потребителя на питающем напряжении;

2) на стороне высшего напряжения трансформаторов подстанции потребителя при наличии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или наличии другого потребителя на питающем напряжении.

3) на стороне среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов, если на стороне высшего напряжения применение измерительных трансформаторов не требуется для других целей;

4) на границе раздела основного потребителя и постороннего потребителя (субабонента), если от линии или трансформаторов потребителей питается еще посторонний потребитель, находящийся на самостоятельном балансе.

Для потребителей каждой тарификационной группы следует устанавливать отдельные расчетные счетчики.

Допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов в случаях, когда трансформаторы тока, выбранные по току КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии, а также когда у имеющихся встроенных трансформаторов тока отсутствует обмотка класса точности 0,5.

Для предприятия, рассчитывающегося с электроснабжающей организацией по максимуму заявленной мощности, следует предусматривать установку счетчика с указателем максимума нагрузки при наличии одного пункта учета, при наличии двух или более пунктов учета - применение автоматизированной системы учета электроэнергии;

Счетчики реактивной электроэнергии должны устанавливаться:

1) на тех же элементах схемы, на которых установлены счетчики активной электроэнергии для потребителей, рассчитывающихся за электроэнергию с учетом разрешенной к использованию реактивной мощности;

2) на присоединениях источников реактивной мощности потребителей, если по ним производится расчет за электроэнергию, выданную в сеть энергосистемы, или осуществляется контроль заданного режима работы.

Если со стороны предприятия производится выдача реактивной электроэнергии в сеть энергосистемы, необходимо устанавливать два счетчика реактивной электроэнергии со стопорами в тех элементах схемы, где установлен расчетный счетчик активной электроэнергии. Во всех других случаях должен устанавливаться один счетчик реактивной электроэнергии со стопором.

Для предприятия, рассчитывающегося с энергоснабжающей организацией по максимуму разрешенной реактивной мощности, следует предусматривать установку счетчика с указателем максимума нагрузки, при наличии двух или более пунктов учета - применение автоматизированной системы учета электроэнергии.

1.6 Требования к расчетным счетчикам

Каждый установленный расчетный счетчик должен иметь на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госповерителя, а на зажимной крышке - пломбу энергоснабжающей организации.

На вновь устанавливаемых трехфазных счетчиках должны быть пломбы государственной поверки с давностью не более 12 месяцев, а на однофазных счетчиках - с давностью не более 2 лет.

Учет активной и реактивной электроэнергии трехфазного тока должен производиться с помощью трехфазных счетчиков.

Допустимые классы точности расчетных счетчиков активной электроэнергии для прочих объектов учета - 2,0.

Класс точности счетчиков реактивной электроэнергии должен выбираться на одну ступень ниже соответствующего класса точности счетчиков активной электроэнергии.

1.7 Учет с применением измерительных трансформаторов

Класс точности трансформаторов тока и напряжение для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии должен быть не более 0,5. Допускается использование трансформаторов напряжения класса точности 1,0 для включения расчетных счетчиков класса точности 2,0.

Для присоединения счетчиков технического учета допускается использование трансформаторов тока класса точности 1,0, а также встроенных трансформаторов тока класса точности ниже 1,0, если для получения класса точности 1,0 требуется установка дополнительных комплектов трансформаторов тока.

Трансформаторы напряжения, используемые для присоединения счетчиков технического учета, могут иметь класс точности ниже 1,0.

1.8 Установка счетчиков и электропроводка к ним

Счетчики должны размещаться в легкодоступных для обслуживания сухих помещениях, в достаточно свободном и не стесненном для работы месте с температурой в зимнее время не ниже 0 °С.

Счетчики общепромышленного исполнения не разрешается устанавливать в помещениях, где по производственным условиям температура может часто превышать +40 °С, а также в помещениях с агрессивными средами.

Допускается размещение счетчиков в неотапливаемых помещениях и коридорах распределительных устройств электростанций и подстанций, а также в шкафах наружной установки. При этом должно быть предусмотрено стационарное их утепление на зимнее время посредством утепляющих шкафов, колпаков с подогревом воздуха внутри них электрической лампой или нагревательным элементом для обеспечения внутри колпака положительной температуры, но не выше +20 °С.

Счетчики должны устанавливаться в шкафах, камерах комплектных распределительных устройств (КРУ, КРУН), на панелях, щитах, в нишах, на стенах, имеющих жесткую конструкцию. Допускается крепление счетчиков на деревянных, пластмассовых или металлических щитках.

Высота от пола до коробки зажимов счетчиков должна быть в пределах 0,8 - 1,7 м. Допускается высота менее 0,8 м, но не менее 0,4 м.

Для безопасной установки и замены счетчиков в сетях напряжением до 380 В должна предусматриваться возможность отключения счетчика установленными до него на расстоянии не более 10 м коммутационным аппаратом или предохранителями. Снятие напряжения должно предусматриваться со всех фаз, присоединяемых к счетчику.

Трансформаторы тока, используемые для присоединения счетчиков на напряжении до 380 В, должны устанавливаться после коммутационных аппаратов по направлению потока мощности.

1.9 Технический учет

На предприятиях следует предусматривать техническую возможность установки (в условиях эксплуатации) стационарных или применения инвентарных переносных счетчиков для контроля за соблюдением лимитов расхода электроэнергии цехами, технологическими линиями, отдельными энергоемкими агрегатами, для определения расхода электроэнергии на единицу продукции или полуфабриката.

Допускается установка счетчиков технического учета на вводе предприятия, если расчетный учет с этим предприятием ведется по счетчикам, установленным на подстанциях или электростанциях энергосистем. На установку и снятие счетчиков технического учета на предприятиях разрешения энергоснабжающей организации не требуется. Приборы технического учета на предприятиях (счетчики и измерительные трансформаторы) должны находиться в ведении самих потребителей.

Классы точности счетчиков технического учета активной электроэнергии устанавливаемых на предприятии должны соответствовать значениям для прочих объектов учета 2,0. Классы точности счетчиков технического учета реактивной электроэнергии допускается выбирать на одну ступень ниже соответствующего класса точности счетчиков технического учета активной электроэнергии.

1.10 Схемы соединения приборов

Схемы соединения измерительных приборов внутри блоков стенда показаны на рисунках 4 – 8. На рисунке 4 приведена схема соединения однофазного ваттметра и варметра.

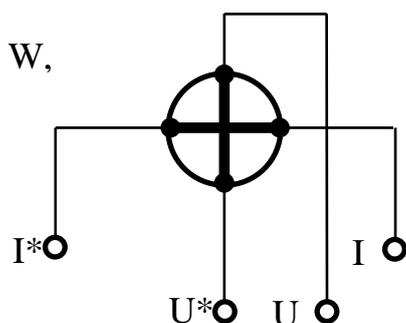


Рисунок 4 - Схема соединения однофазного ваттметра и варметра

Выводы, обозначенные буквами U, соединены с обмоткой напряжения, выводы I соединены с токовой обмоткой. Вывод обозначенный звездочкой является началом обмотки.

Схема включения трехфазного ваттметра и варметра показана на рисунке 5.

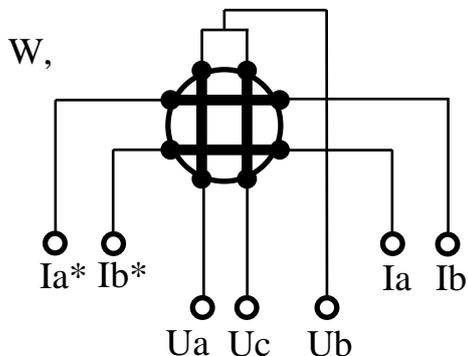


Рисунок 5 - Схема соединения трехфазного ваттметра и варметра

Схема соединения однофазного счетчика показана на рисунке 6.

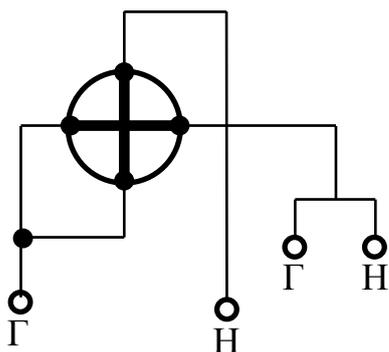


Рисунок 6 - Схема соединения однофазного счетчика активной энергии

Здесь показана только электрическая часть измерительного прибора похожая на электрическую часть однофазного ваттметра (подробно об устройстве однофазного индукционного счетчика и принципе его работы см. [2]).

Схема соединения трехфазного трехэлементного счетчика активной энергии показана на рисунке 7

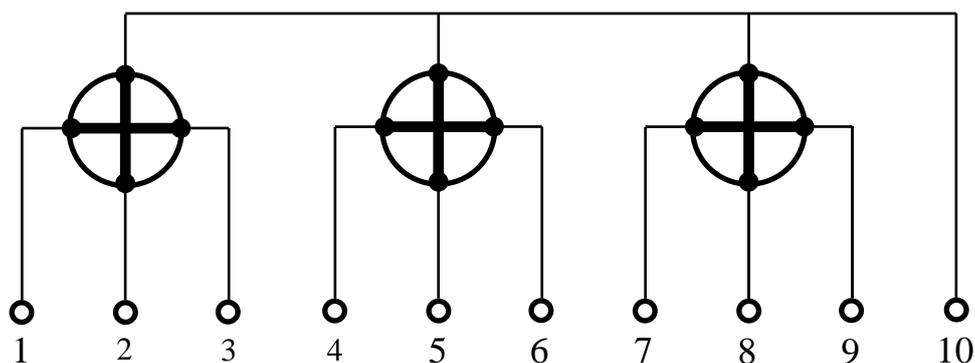


Рисунок 7 - Схема соединения трехфазного счетчика активной энергии

Схема соединения трехфазного трехэлементного счетчика реактивной энергии с 90° сдвигом показана на рисунке 8.

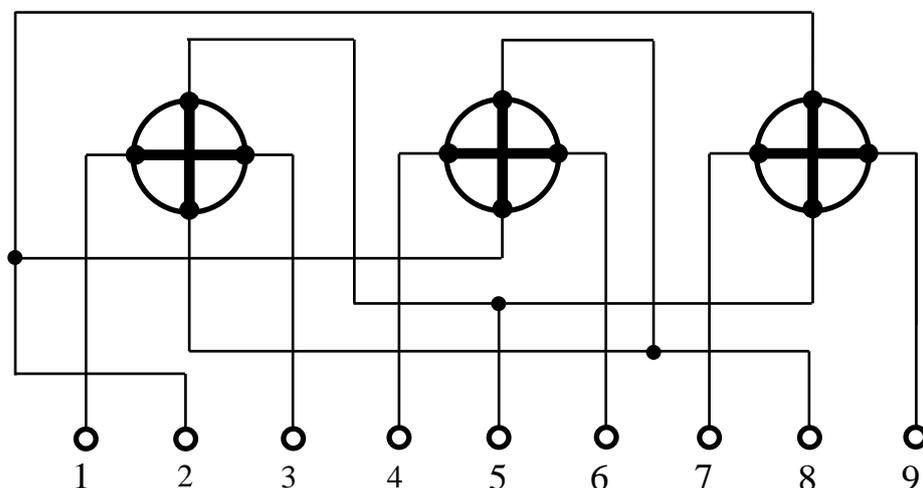


Рисунок 8 - Схема соединения трехфазного счетчика реактивной энергии

1.11 Описание лабораторной установки ИЭМЭ.003

Лабораторная установка представляет собой комплект типового лабораторного оборудования ИЭМЭ.003 (настольное исполнение, ручная версия), предназначенного для проведения лабораторных занятий по курсу «Электроснабжение промышленных предприятий».

В настольной раме смонтированы аппаратные модули в составе, приведенном в таблице 1.

Таблица 1 - Состав оборудования стенда

Номер блока	Название аппаратуры
201.2	Источник питания
324.2	Реактивная нагрузка
340	Активная нагрузка
347.1	Трехфазная трансформаторная группа
403.1	Трансформатор тока
405	Трансформатор напряжения
514	Трехфазный электронный счетчик активной электроэнергии
515	Трехфазный электронный счетчик реактивной электроэнергии
516	Трехфазный трехэлементный счетчик активной энергии
517	Однофазный счетчик активной электроэнергии
519	Трехфазный трехэлементный счетчик реактивной энергии
521	Однофазный ваттметр
522	Трехфазный ваттметр
523	Трехфазный варметр

Общий вид лабораторной установки приведен на рисунке 9.

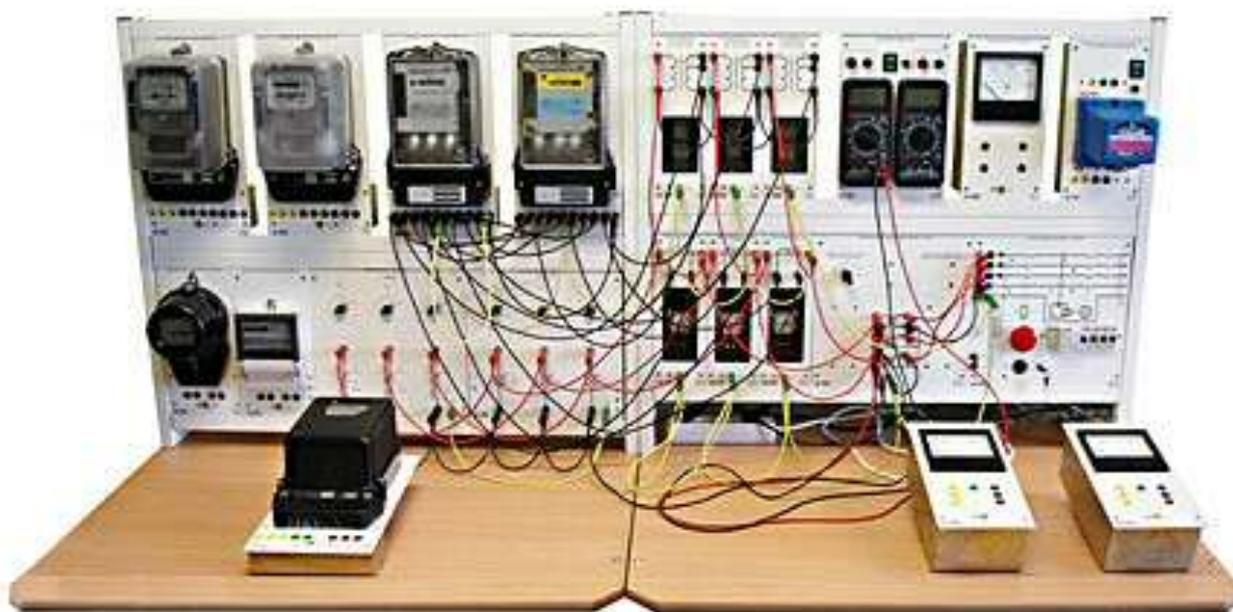


Рисунок 9 - Лабораторная установка ИЭМЭ.003

Для выполнения электрических соединений прилагается комплект проводников различной длины красного, черного и желтого с зеленой полоской цветов и U-образных перемычек. Проводники красного и черного цвета и перемычки предназначены для выполнения основных соединений элементов схемы, желтые с зеленой

полоской для устройства защитного заземления модулей стенда служащего защитой оператора от поражения электрическим током. Наконечники проводников и перемычек выполнены с безопасными разъемами.

Перед выполнением любых коммутаций следует убедиться, что однофазный источник питания выключен.

При выполнении лабораторной работы студент, являющийся оператором стенда, соединяет согласно схеме аппаратные модули. Для этого наконечники проводников соответствующей длины или перемычки вставляются с небольшим усилием в гнезда. При этом стенд можно придерживать за раму.

1.12 Измерение активной мощности в однофазной сети

Схема соединения блоков стенда при включении однофазного ваттметра непосредственно в сеть приведена на рисунке 10.

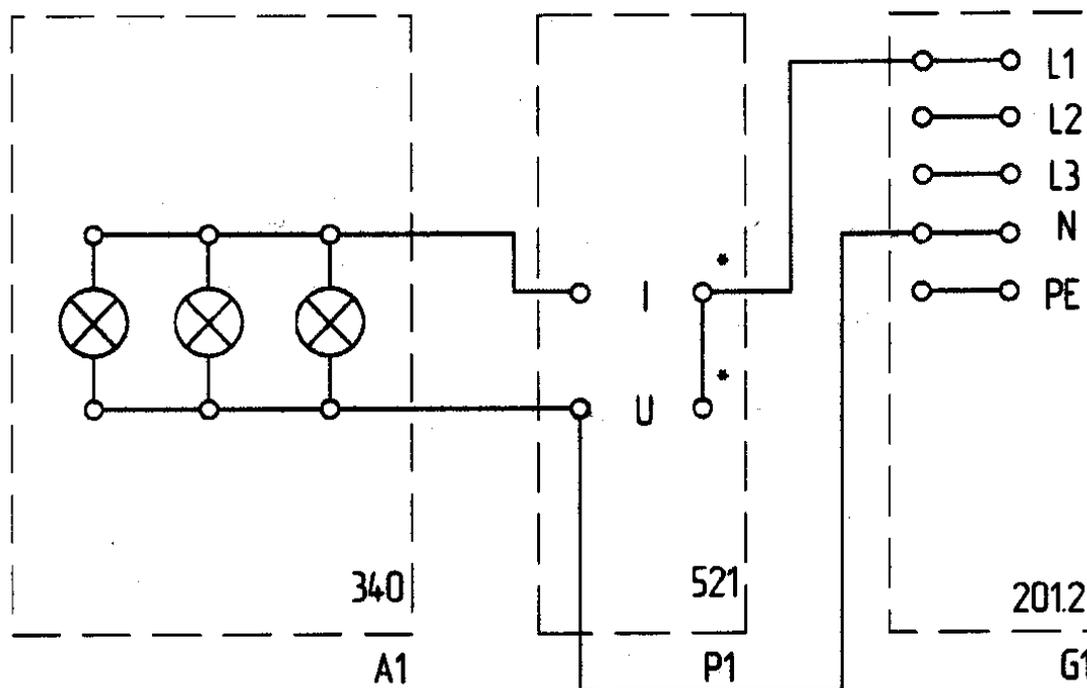


Рисунок 10 – Схема соединения блоков стенда при включении однофазного ваттметра непосредственно в сеть

Включение однофазного ваттметра выполняется непосредственно в сеть, что характерно для измерения активной мощности в цепи нагрузок потребляющих небольшую мощность.

При измерении активной мощности потребляемой нагрузкой со значительной мощностью (в цепи протекает ток больше 5А) используется схема включения через трансформатор тока. Схема включения однофазного ваттметра через трансформатор тока приведена на рисунке 11.

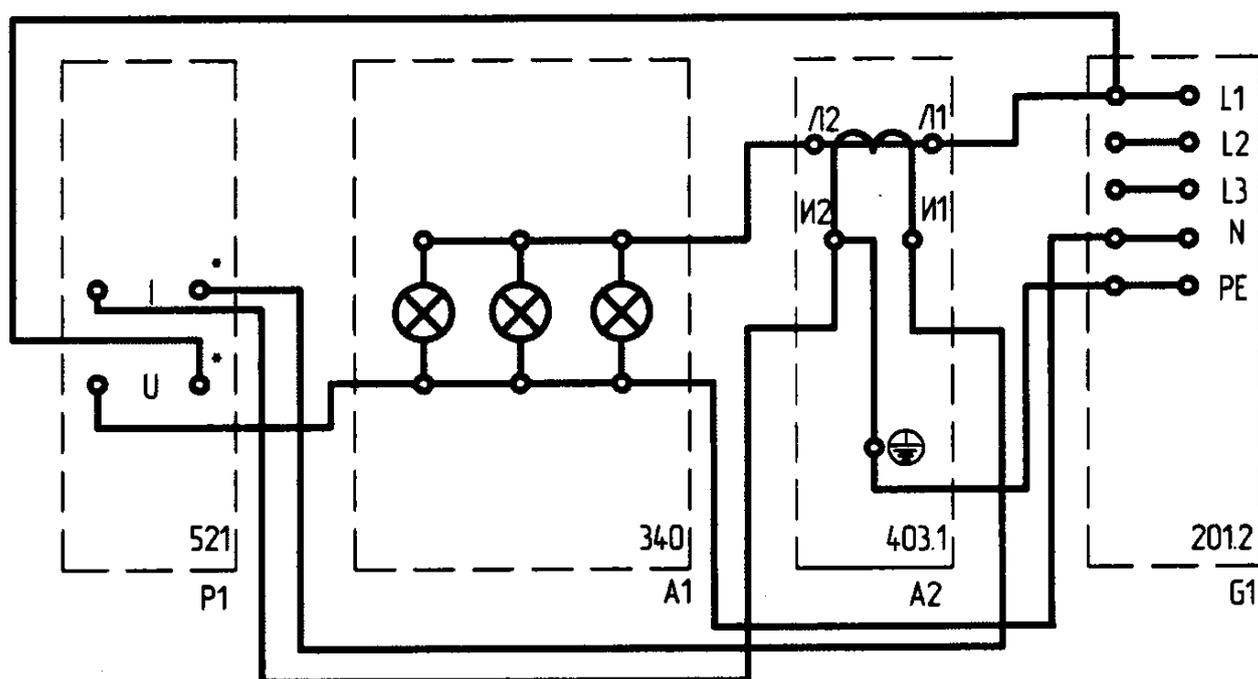


Рисунок 11 – Схема соединения блоков стенда при включении ваттметра через трансформатор тока

Измерение активной мощности в цепи нагрузки со значительной мощностью получающей питание на напряжении больше 220 В предусматривает применение схемы включения ваттметра через трансформаторы тока и напряжения, приведенной на рисунке 12.

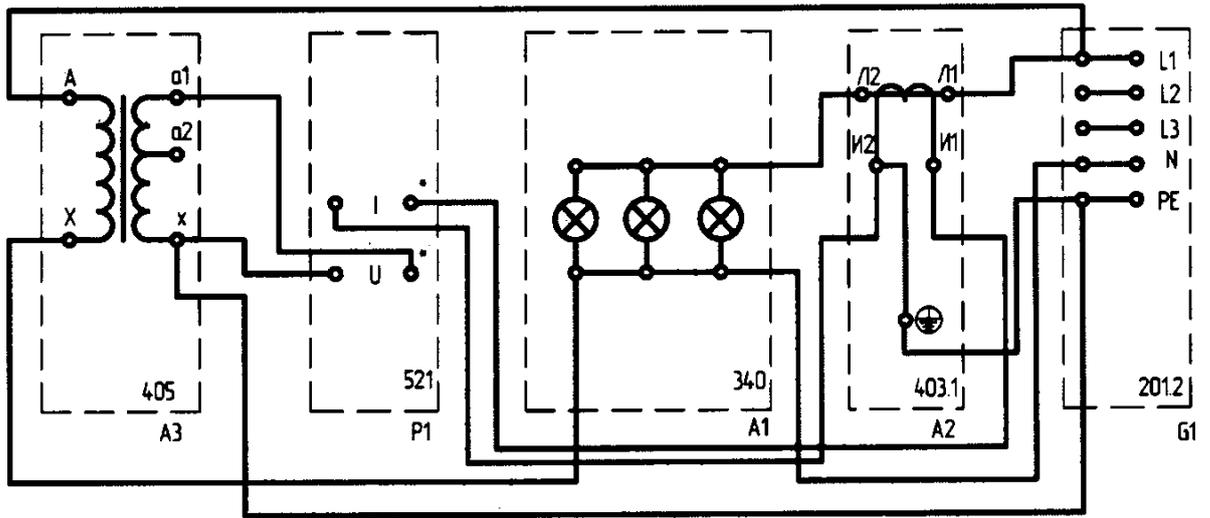


Рисунок 12 – Схема соединения блоков стенда при включении ваттметра через трансформаторы тока и напряжения

1.13 Измерение активной мощности в трехфазной сети

Измерение активной мощности в трехфазной трехпроводной сети выполняется при помощи трехфазного ваттметра, включаемого непосредственно в сеть согласно схеме, показанной на рисунке 13.

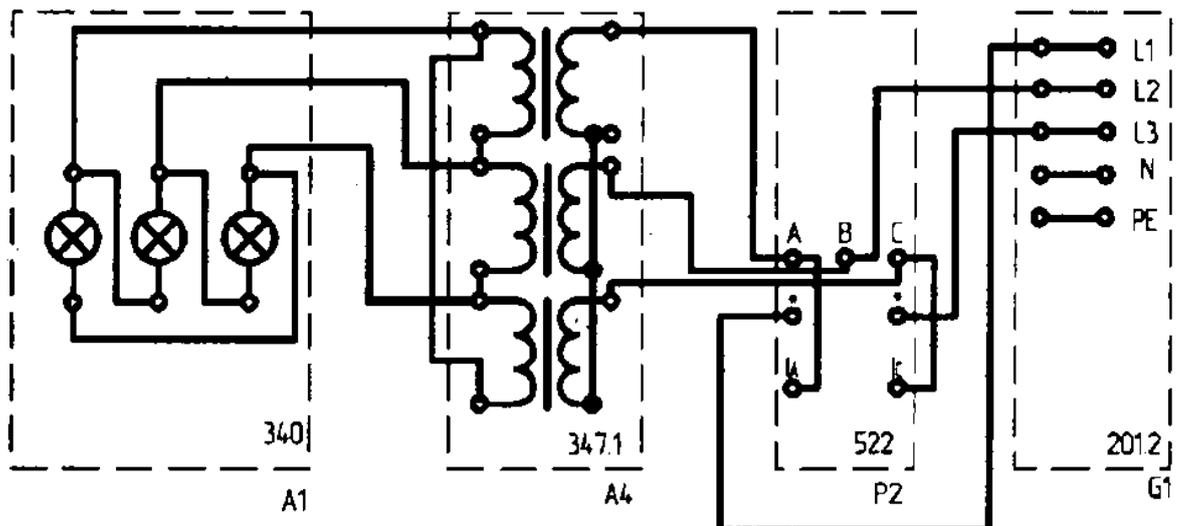


Рисунок 13 – Схема соединения блоков стенда при включении трехфазного ваттметра в непосредственно в трехпроводную сеть

Нагрузка включена через трехфазную трансформаторную группу, первичная обмотка которой соединена в звезду, а вторичная в треугольник. Включение ваттметра в трехпроводную сеть через трансформаторы тока выполняется согласно схеме, показанной на рисунке 14.

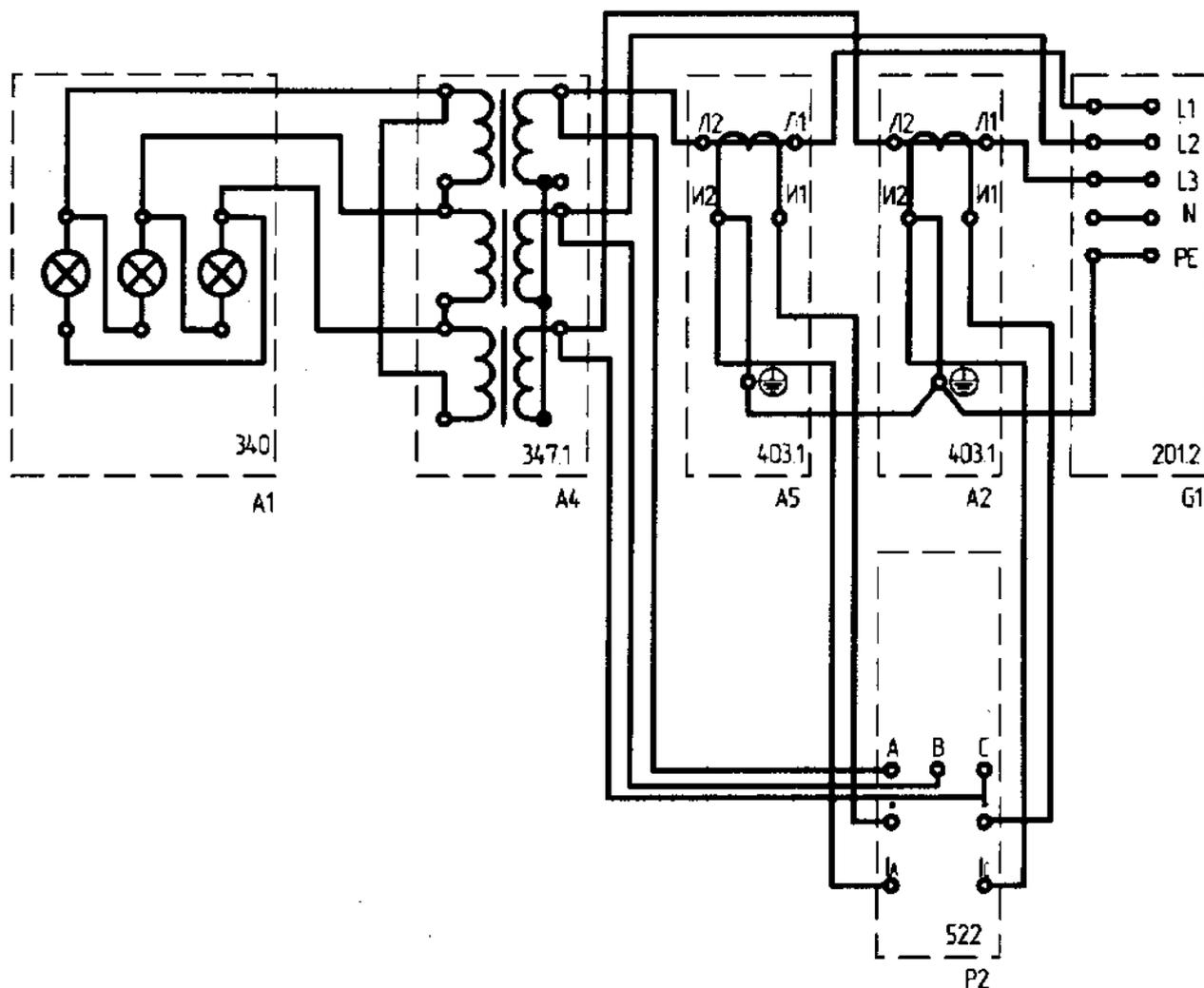


Рисунок 14 – Схема соединения блоков стенда при включении трехфазного ваттметра в трехпроводную сеть через трансформаторы тока

Схема включения трехфазного ваттметра в трехпроводную сеть через трансформаторы тока и напряжения показана на рисунке 15.

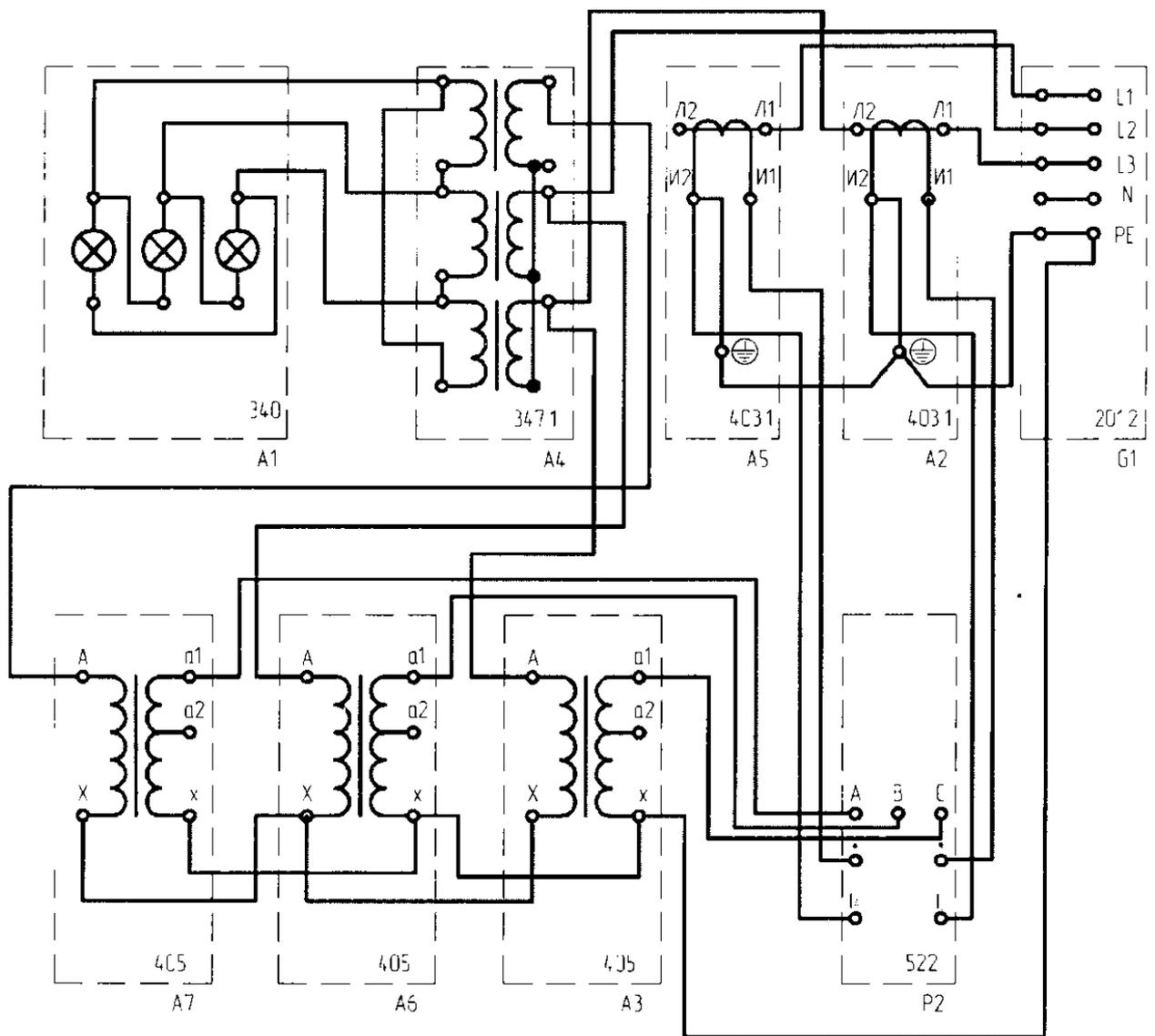


Рисунок 15 - Схема соединения блоков стенда при включении трехфазного ваттметра в трехпроводную сеть через трансформаторы тока и напряжения

1.14 Измерение реактивной мощности в трехфазной сети

Измерение реактивной мощности выполняется с помощью трехфазного варметра, включаемого непосредственно в сеть согласно схеме, показанной на рисунке 16. Реактивная нагрузка включена через трехфазную трансформаторную группу, первичная обмотка которой соединена в звезду, а вторичная в треугольник.

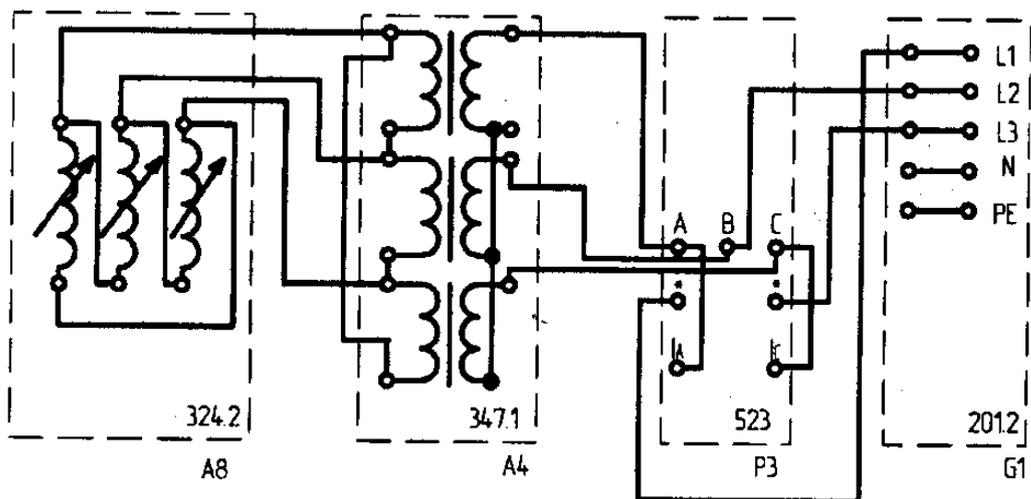


Рисунок 16 – Схема соединения блоков стенда при включении трехфазного варметра в непосредственно в трехпроводную сеть

Включение варметра в трехпроводную сеть через трансформаторы тока выполняется согласно схеме, показанной на рисунке 17.

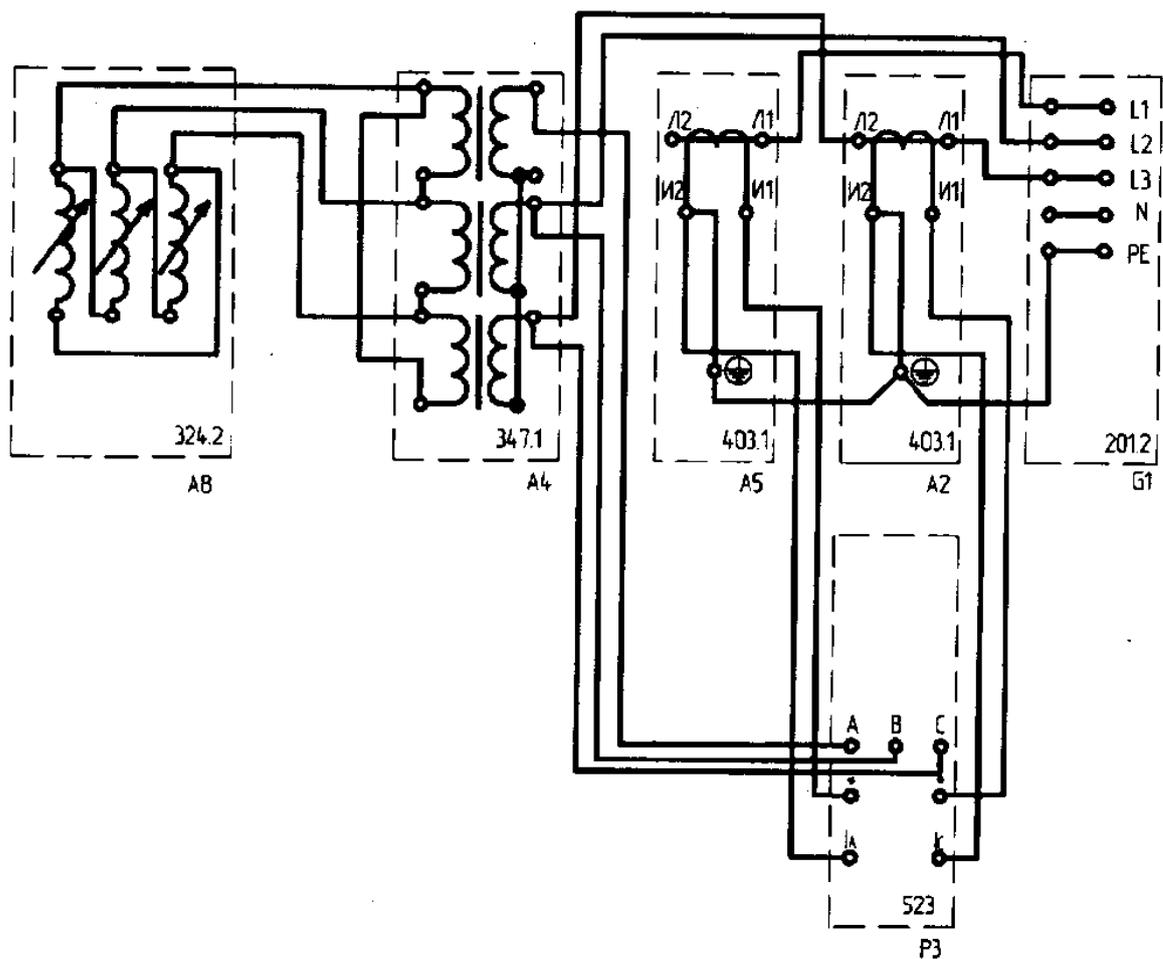


Рисунок 17 – Схема соединения блоков стенда при включении трехфазного варметра в трехпроводную сеть через трансформаторы тока

Схема включения трехфазного варметра в трехпроводную сеть через трансформаторы тока и напряжения показана на рисунке 18

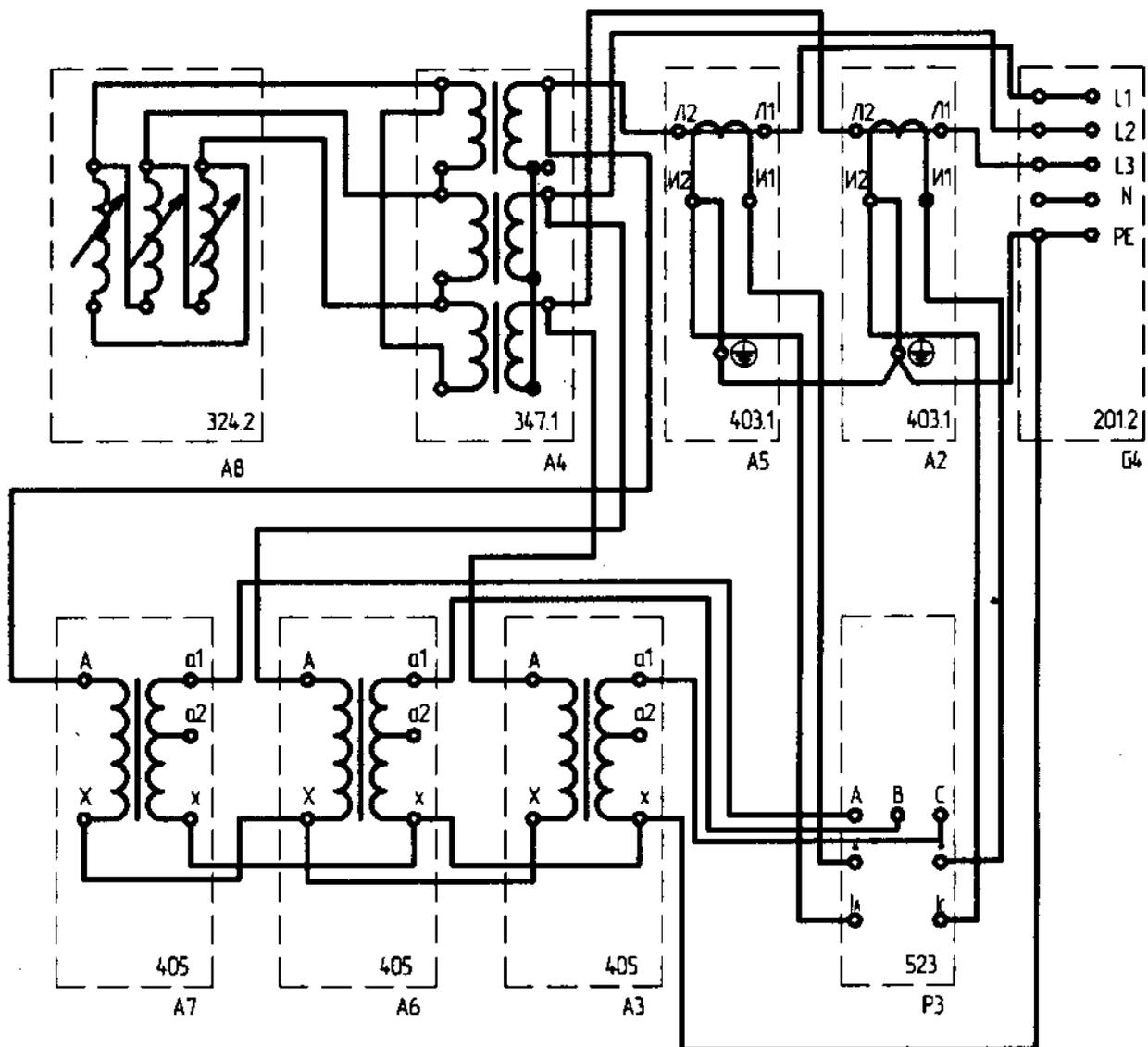


Рисунок 18 - Схема соединения блоков стенда при включении трехфазного варметра в трехпроводную сеть через трансформаторы тока и напряжения

1.15 Измерение электроэнергии индукционным счетчиком

1.15.1 В однофазной сети

Измерение активной электроэнергии, потребленной в однофазной сети может быть измерено при помощи одного индукционного счетчика. Схема включения счетчика показана на рисунке 19.

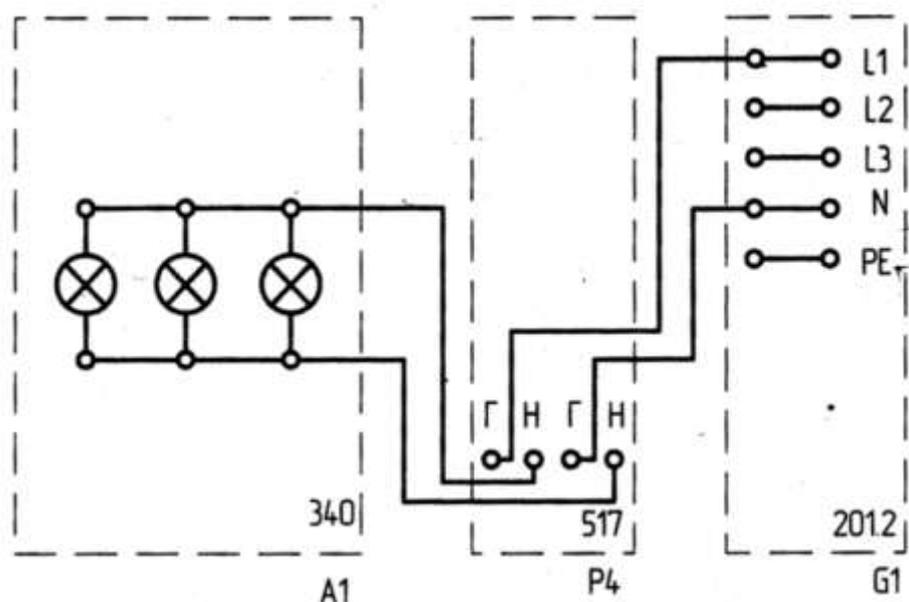


Рисунок 19 – Схема соединения блоков стенда при включении однофазного счетчика

1.15.2 В трехфазной сети

Измерение активной электроэнергии в трехфазной сети выполняется трехфазным трехэлементным счетчиком активной энергии. Схема непосредственного включения показана на рисунке 20.

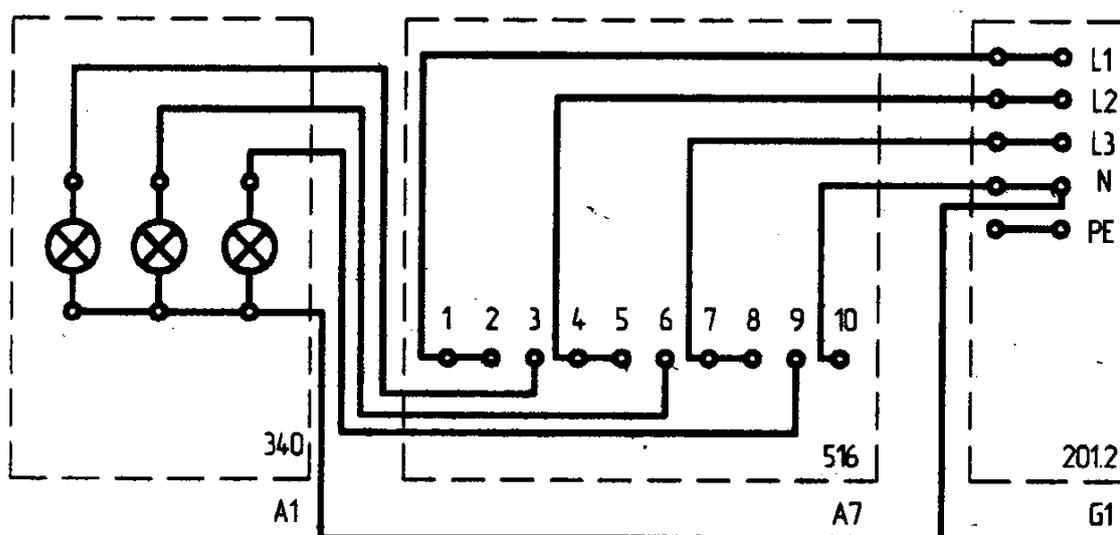


Рисунок 20 - Схема соединения блоков стенда при непосредственном включении трехфазного трехэлементного счетчика активной энергии в четырехпроводную сеть

Схема включения трехэлементного индукционного счетчика реактивной электроэнергии непосредственно в четырехпроводную сеть показана на рисунке 21.

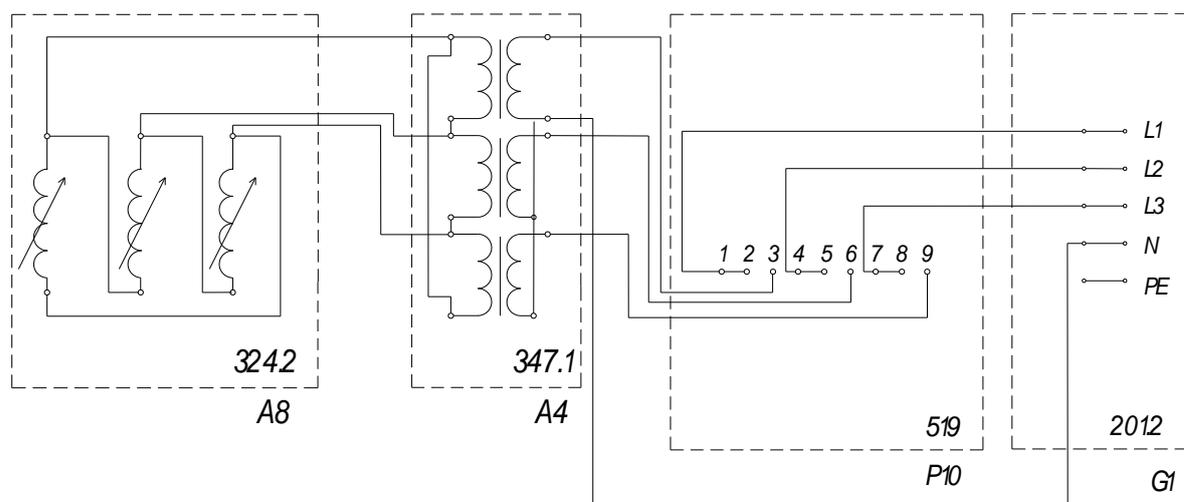


Рисунок 21 – Схема соединения блоков стенда при включении трехэлементного индукционного счетчика реактивной электроэнергии непосредственно в четырехпроводную сеть

Схема включения трехэлементных индукционных счетчиков активной и реактивной электроэнергии через трансформаторы тока и напряжения в трехпроводную сеть показана на рисунке 22.

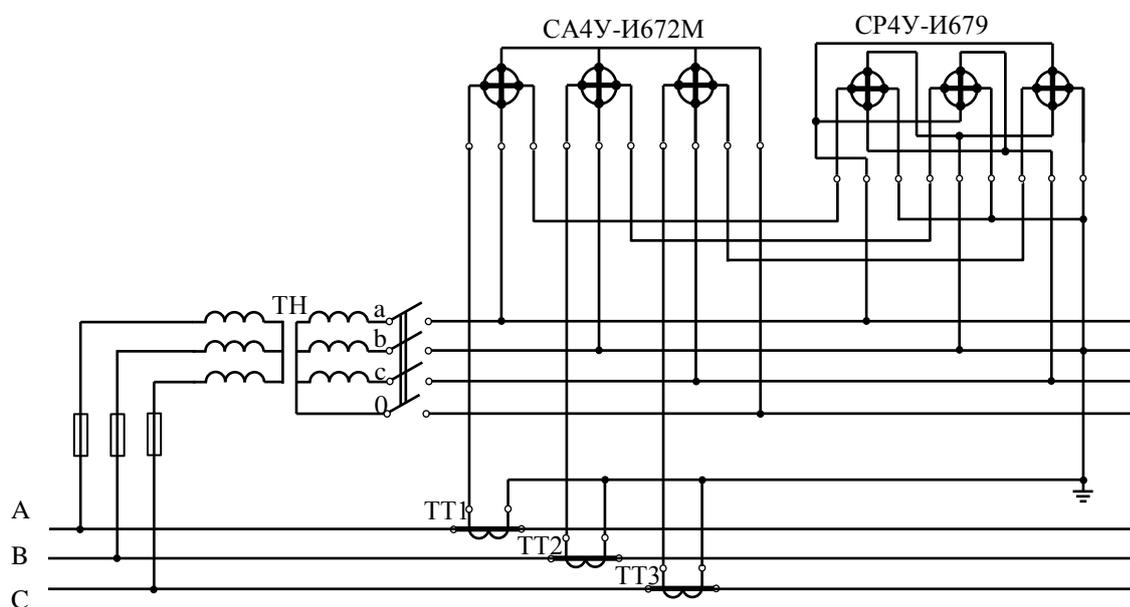


Рисунок 22 – Схема включения трехэлементного индукционного счетчика активной реактивной электроэнергии непосредственно в трехпроводную сеть

Приведенная схема построена с использованием счетчиков снятых с производства, но актуальная для счетчиков выпущенных в 1981 г. и позже.

1.16 Измерение электроэнергии электронным счетчиком

1.16.1 В однофазной сети счетчиком активной электроэнергии

Схема включения электронного счетчика активной электроэнергии непосредственно в четырехпроводную сеть показана на рисунке 23

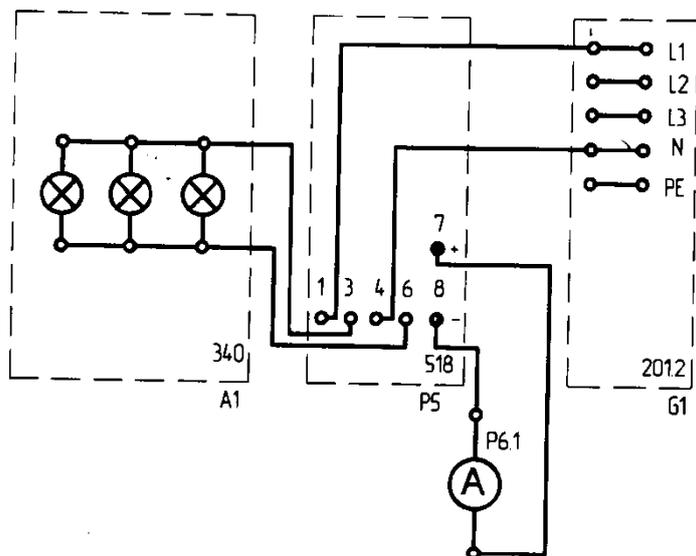


Рисунок 23 – Схема соединения блоков стенда при включении электронного счетчика активной электроэнергии непосредственно в четырех проводную сеть

1.16.2 В трехфазной сети счетчиком активной электроэнергии

Схема включения электронного счетчика реактивной электроэнергии непосредственно в четырехпроводную сеть показана на рисунке 24

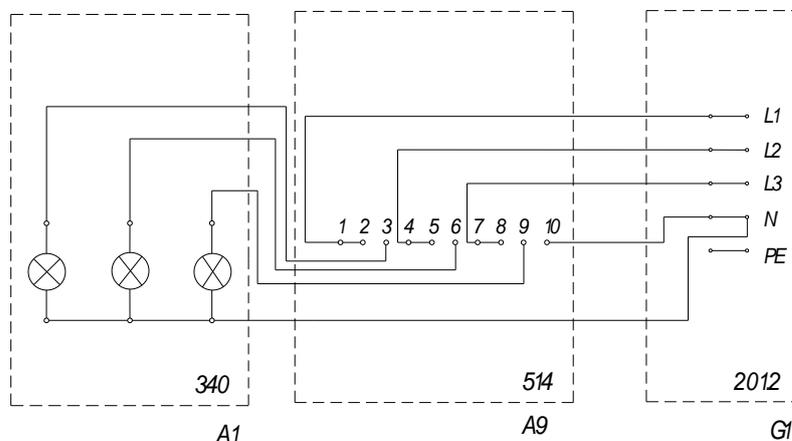


Рисунок 24 – Схема соединения блоков стенда при включении электронного счетчика реактивной электроэнергии непосредственно в четырехпроводную сеть

1.16.3 В трехфазной сети счетчиком реактивной электроэнергии

Схема включения электронного счетчика реактивной электроэнергии непосредственно в четырехпроводную сеть показана на рисунке 24

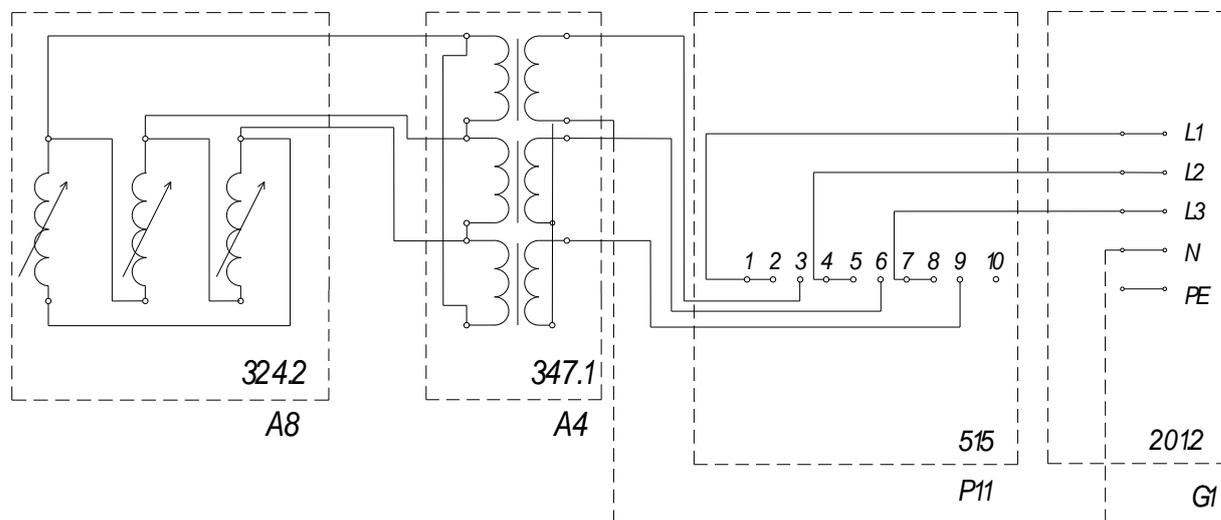


Рисунок 25 – Схема соединения блоков стенда при включении электронного счетчика реактивной электроэнергии непосредственно в четырехпроводную сеть

ВНИМАНИЕ: При появлении аномальных (для электрического оборудования) явлений немедленно выключить SF1. Срабатывание автомата выключателей SF1, SF3 или SF2 (УЗО) указывает на неправильный монтаж или неисправность оборудования.

1.17 Снятие показаний приборов

Показания однофазного ваттметра и варметра снимаются для трех ступеней активной и реактивной нагрузки соответственно, для чего в цепь последовательно добавляется по одному нагрузочному элементу, включенному на полную мощность.

При снятии показаний трехфазного ваттметра и варметра устанавливается два режима нагрузки – симметричный и несимметричный.

При моделировании симметричного режима все переключатели мощности нагрузки всех фаз устанавливаются в положение одинаковой нагрузки.

Для создания несимметричного режима переключатель нагрузки в одной из фаз устанавливается в положение максимальной (или минимальной) нагрузки, а два других переключателя – в положение средняя нагрузка.

Измерение потребленной активной электроэнергии при помощи однофазного и трехфазного счетчиков выполняются в режиме полная нагрузка. Рекомендуется замерять время, за которое диск счетчика сделает целое число оборотов.

Измерение потребленной реактивной энергии выполняется также в режиме полной нагрузки. Замеряется время, за которое диск выполнит целое число оборотов.

При измерении количества потребленной активной и реактивной электроэнергии с помощью электронных счетчиков следует вести подсчет количества импульсов по миганию светодиода на панели счетчика за промежуток времени, например за 3 или 5 минут.

2 Контрольные вопросы

- 1 Приведите схему включения однофазного ваттметра.
- 2 Приведите схему включения однофазного варметра.
- 3 Приведите схему включения трехфазного ваттметра.
- 4 Приведите схему включения трехфазного варметра.
- 5 Приведите схему включения трехфазного ваттметра через трансформаторы тока и напряжения.
- 6 Каково устройство и принцип действия индукционного счетчика?
- 7 Приведите схему включения однофазного счетчика.
- 8 Приведите схему включения трехфазного счетчика активной энергии.
- 9 Приведите схему включения трехфазного счетчика реактивной энергии.
- 10 Приведите типовую схему включения трехфазных счетчиков активной и реактивной энергии через трансформаторы тока и напряжения в трехпроводную сеть.
- 11 Поясните принцип измерения реактивной электроэнергии.

- 12 Поясните особенности индукционного счетчика для измерения реактивной энергии.
- 13 Каково устройство и принцип действия электронного счетчика?
- 14 Приведите структурную схему электронного счетчика электроэнергии.
- 15 Приведите алгоритм работы электронного счетчика.
- 16 Назовите и охарактеризуйте виды учета электроэнергии на промышленном предприятии.
- 17 Каково назначение различных видов учета электроэнергии?
- 18 Перечислите места измерения электроэнергии на промышленном предприятии.
- 19 Перечислите места установки приборов учета на промышленном предприятии.
- 20 Каковы требования к классу точности приборов учета и измерительных трансформаторов?

3 Литература, рекомендуемая для изучения темы

- 1 Правила устройства электроустановок. - Вып. 8.- 6-е и 7-е изд. - Новосибирск : Новосиб. ун-т, 2007. - 854 с. - ISBN 5-379-00206-4.
- 2 Роцин, В. А. Схемы включения счетчиков электрической энергии: производственно-практ. пособие / В. А. Роцин; 3-е изд. перераб. и доп. - М. : НЦ ЭНАС, 2007. - 112 с. : ил.
- 3 ГОСТ Р 52320-2005. Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Общие требования. Испытания и условия испытаний. Введ. 2005-07-01. – М.: Стандартинформ, 2005. - Часть II: Счетчики электрической энергии. - 34 с.
- 4 ГОСТ Р 52321-2005. Электромеханические счетчики активной энергии классов точности 0,5; 1 и 2. Введ. 2005-07-01. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 2005. - 18 с.
- 5 ГОСТ Р 52322-2005. Статические счетчики активной энергии классов точности 1 и 2. Введ. 2005-07-01. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 2005. - 20 с

6 ГОСТ Р 52323-2005. Статические счетчики активной энергии переменного тока классов точности 0.2S и 0.5S. Введ. 2005-07-01. - М.: Изд-во стандартов, 2005.

7 ГОСТ 8.259-2004. Счетчики электрические индукционные активной и реактивной энергии. Методика поверки. - М.: Изд-во стандартов, 2004. - 20 с.

8 ГОСТ 25372-95. Условные обозначения для счетчиков электрической энергии переменного тока. Введ. 2003-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1996. -15 с.

9 ГОСТ 7746-2001. Трансформаторы тока. Общие технические условия. Введ. 2003-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 2001. - 33 с.

10 ГОСТ 1983-2001. Трансформаторы напряжения. Общие технические условия. Введ. 2005-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 2001. – 35 с.

11 РД.34.09.101-94. Типовая инструкция по учету электроэнергии при ее производстве, передаче и распределении. - М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.

12 Электрический счетчик. Помощь в вопросах о счетчиках электрической энергии – Режим доступа: <http://elektroschetchiki.ru/>

Список использованных источников

1. Правила устройства электроустановок. - Вып. 8.- 6-е и 7-е изд. - Новосибирск : Новосиб. ун-т, 2007. - 854 с. - ISBN 5-379-00206-4.
2. Роцин, В. А. Схемы включения счетчиков электрической энергии: производственно-практ. пособие / В. А. Роцин ; 3-е изд. перераб. и доп. - М. : НЦ ЭНАС, 2007. - 112 с.
3. Сенигов П.Н. Распределительные сети систем электроснабжения. Руководство по выполнению базовых экспериментов ИЭМЭ.003 РБЭ (933) / П.Н. Сенигов – Челябинск: ИПЦ «Учебная техника», 2007. – 22 с.