

ПРОВЕРКА ИНДУКЦИОННОГО СЧЕТЧИКА

I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить устройство однофазного индукционного счетчика и схему включения его в электрическую сеть.
2. Изучить методику проверки однофазного счетчика.

II. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Индукционные счетчики электрической энергии применяются для учета активной и реактивной энергии в цепях переменного тока. Основными элементами однофазного счетчика (рис. 1) являются следующие: магнитная система; вращающийся алюминиевый диск D с червячной передачей; тормозной постоянный магнит M , создающий противодействующий момент; счетный механизм C ; устройства для компенсации трения в опорах и устранения самохода.

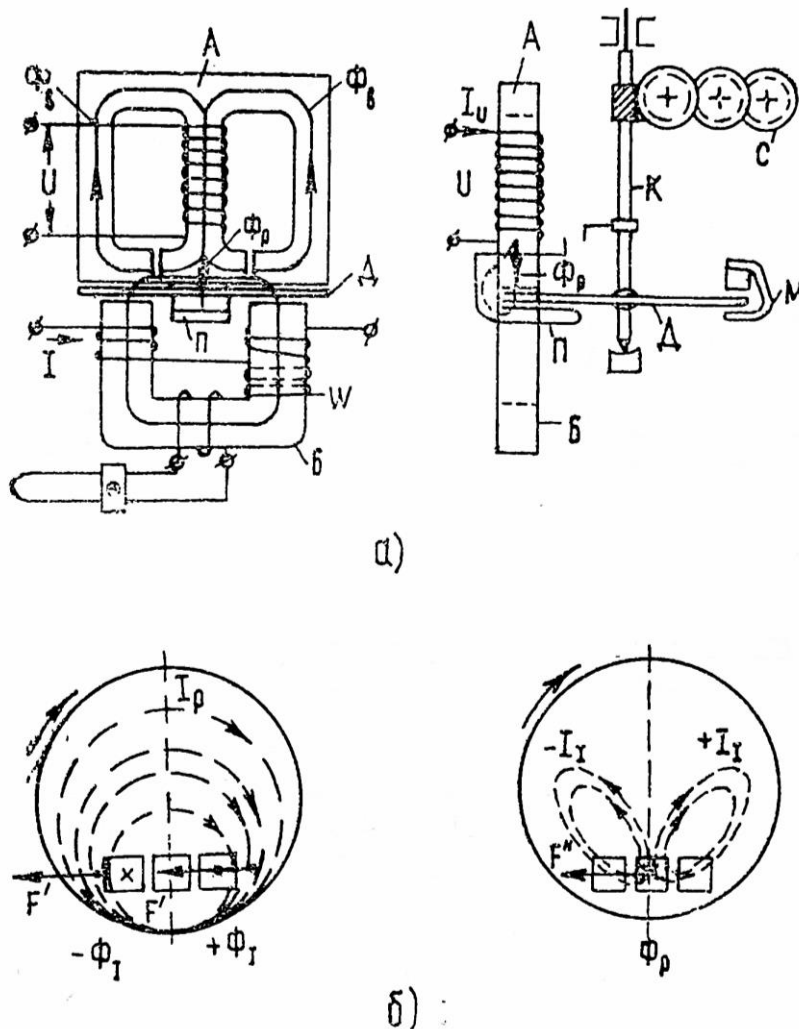


Рис. 1. Индукционный счетчик:
а - устройство; б - принцип действия

Магнитная система состоит из двух набранных из листовой электротехнической стали сердечников А и Б с обмотками, одна из которых — токовая — включается последовательно с нагрузкой, а другая — обмотка напряжения — параллельно ей (рис. 2). К сердечнику А прикреплен стальной противопололюс П (см. рис. 1). Токковая обмотка состоит из небольшого числа витков провода сравнительно большого сечения; при ее обтекании током нагрузки I создается пропорциональный этому току и практически совпадающий с ним по фазе магнитный поток Φ_I , который пересекает алюминиевый диск D и индуцирует в нем вихревые токи I_1 .

Обмотка напряжения состоит из большого числа витков тонкого провода (8—12 тыс.). Протекающий через эту обмотку ток, отстающий по фазе от напряжения на угол, близкий к 90° , создает магнитный поток Φ_1 , пропорциональный напряжению и отстающий от него почти на 90° . Большая часть этого потока — вспомогательный поток Φ_B — замыкается через сердечник А, а меньшая часть — рабочий поток Φ_P — через противоположное и пересекает алюминиевый диск Д, индуцируя в нем вихревые токи I_P . В результате взаимодействия вихревого тока I_P с потоком Φ_P и тока I_V с потоком Φ_1 (рис. 16) создается вращающий момент, который пропорционален мощности

$$M_{вр} = k_{вр} U I \sin(90^\circ - \varphi) = k_{вр} U I \cos \varphi = k_{вр} P. \quad (1)$$

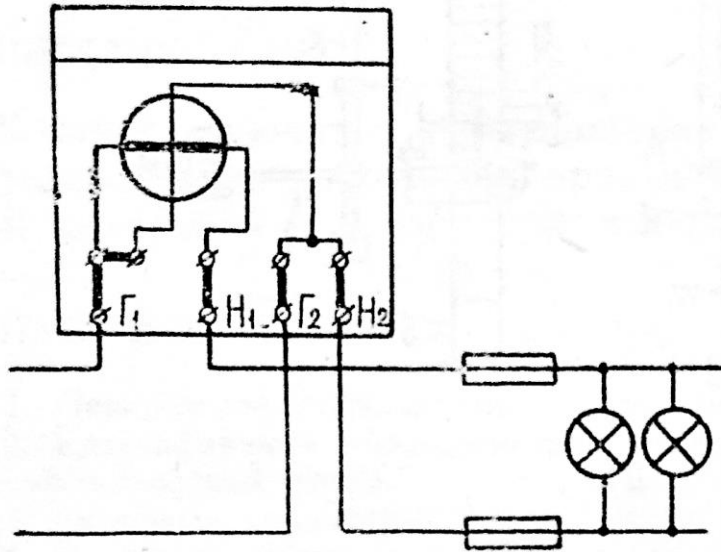


Рис. 2. Схема включения однофазного счетчика

подвижной части счетчика будет нарастать до тех пор, пока вращающий момент не уравновесится тормозящим моментом, действующим на тот же диск. При установившейся скорости и равномерном вращении диска

$$M_{вр} = M_T \quad (3)$$

или

$$k_{вр} \cdot P = k_T \cdot n,$$

откуда

$$n = \frac{k_{вр}}{k_T} \cdot P = k \cdot P. \quad (4)$$

Из выражения (4) следует, что число оборотов диска в секунду пропорционально мощности P , потребляемой приемником. Следовательно, если в течение t сек приемником потребляется мощность P , то энергия

$$W = P \cdot t = \frac{n}{k} t = c \cdot N, \quad (5)$$

где $N = nt$ — число оборотов диска за время t сек.

Величина $c = W : N$ называется постоянной счетчика. Различают две постоянных счетчика: номинальную c_n и действительную c_d . Действительной постоянной c_d называется количество электрической энергии

в ватт-секундах, которое прошло через счетчик (потреблено приемником энергии) за время, соответствующее одному обороту диска,

$$c_d = \frac{W_d}{N} = \frac{P \cdot t}{N}, \quad (6)$$

где $W_d = P \cdot t$ — энергия, потребленная за время t ;
 P — мощность нагрузки;
 N — число оборотов диска за время t .

Действительная постоянная счетчика не остается строго неизменной при разных режимах работы счетчика, так как она зависит от нагрузки и от внешних условий (температуры и др.).

Номинальной постоянной c_n называется количество электрической энергии (число ватт-секунд), учитываемое счетным механизмом за один оборот диска счетчика. Величина K , обратная номинальной постоянной счетчика, называется передаточным числом, т. е.

$$K = \frac{1}{c_n}.$$

Как правило, передаточное число указывается на счетчике: «1 квт.час = K оборотов диска». В этом случае номинальную постоянную можно вычислить по формуле

$$c_n = \frac{3600 \cdot 1000}{K} \text{ дж/об.} \quad (7)$$

Относительная погрешность счетчика выражается отношением разности между количеством энергии W , учитываемой счетчиком, и действительной величиной энергии W_d , прошедшей через счетчик, к действительной величине энергии, т. е.

$$\gamma = \frac{W - W_d}{W_d} 100\%, \quad (8)$$

где

$$W = c_n \cdot N; \\ W_d = P \cdot t = U I \cos \varphi t = c_d N. \quad (9)$$

Учитывая выражение (9), относительную погрешность определяем по формуле

$$\gamma = \frac{c_n N - c_d N}{c_d N} 100\% = \frac{c_n - c_d}{c_d} 100\%. \quad (10)$$

На практике для вычисления относительной погрешности часто также пользуются формулой

$$\gamma = \frac{t_n - t}{t}, \quad (11)$$

где t — показание секундомера, учитывающего время, за которое диск делает N оборотов;

t_n — нормальное время, т. е. время, за которое диск должен сделать N оборотов,

$$t_n = \frac{c_n N}{P}, \quad (12)$$

где P — мощность нагрузки по ваттметру;
 c_n — номинальная постоянная счетчика.

Допустимые для однофазных счетчиков класса 2,5 относительные погрешности приведены в табл. 1.

Таблица 1

Нагрузка в процентах от номинальной	Допустимая относительная погрешность в процентах для однофазных счетчиков класса 2,5			
	по ГОСТ 6570—60		по ГОСТ 6570—53	
	$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 0,5$	$\cos \varphi = 1$	$\cos \varphi = 0,5$
10	$\pm 3,5$	—	$\pm 3,5$	—
20	$\pm 2,5$	$\pm 4,0$	—	$\pm 4,0$
50	—	—	$\pm 2,5$	—
100	$\pm 2,5$	$\pm 4,0$	$\pm 2,5$	$\pm 4,0$
150	—	—	$\pm 2,5$	—
200	$\pm 2,5$	$\pm 4,0$	—	—

При малых нагрузках (5—10% от номинальной) на работу счетчика существенное влияние оказывает трение, которое увеличивает погрешность и уменьшает чувствительность. Под чувствительностью счетчика понимают отношение наименьшей мощности $P_{\text{мин}}$ (тока $I_{\text{мин}}$), при которой диск счетчика вращается без остановки, к номинальной мощности $P_{\text{н}}$ (номинальному току $I_{\text{н}}$) при номинальном напряжении. Чувствительность счетчика

$$s = \frac{P_{\text{мин}}}{P_{\text{н}}} 100 \% = \frac{I_{\text{мин}}}{I_{\text{н}}} 100 \% . \quad (13)$$

Для однофазных счетчиков класса 2,5 чувствительность должна быть 1,5% по ГОСТ 6570—53 и 1% — по ГОСТ 6570—60.

Для компенсации трения счетчик снабжен компенсатором — медной рамкой, расположенной в нижней части магнитопровода А. В результате, поток $\Phi_{\text{р}}$ разделится на два разных и не совпадающих по фазе потока, которые создают дополнительный момент, компенсирующий момент трения. Для точной регулировки компенсационного момента противоположно снабжен поворотным поводком. При неправильном положении компенсатора или повышении напряжения сети компенсационный момент может превысить момент трения и диск станет вращаться при выключенном потребителе. Такое явление называется самоходом. Исправный счетчик не должен иметь самохода при напряжении 80—110% от номинального. Для его устранения на сердечнике А параллельного магнитопровода и на оси диска укреплены стальные крючки, которые, намагничиваясь от обмотки напряжения, притягиваются друг к другу и предотвращают самоход.

Проверка счетчиков производится путем сличения показаний поверяемого и образцового счетчиков или методом ваттметра и секундомера. Индукционные счетчики проверяются при $\cos \varphi = 1$ и $\cos \varphi = 0,5$. Проверка счетчика начинается с наружного осмотра, затем счетчик прогревают в течение 15 мин при номинальном напряжении и токе, проверяют на самоход, определяют его чувствительность и основную погрешность.

III. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Снять кожух и ознакомиться с устройством счетчика.
2. Собрать схему для проверки счетчика (рис. 3). Последовательно с ламповым реостатом включить ползунковый на 5000 ом и миллиамперметр. Переключатель П поставить в положение « $\cos \varphi = 1$ ».
3. После проверки схемы включить рубильник и произвести проверку счетчика на самоход при отключенной нагрузке и напряжении 80 и 110% от номинального. Напряжение менять с помощью ЛАТРа. При наличии самохода отрегулировать тормозной крючок.

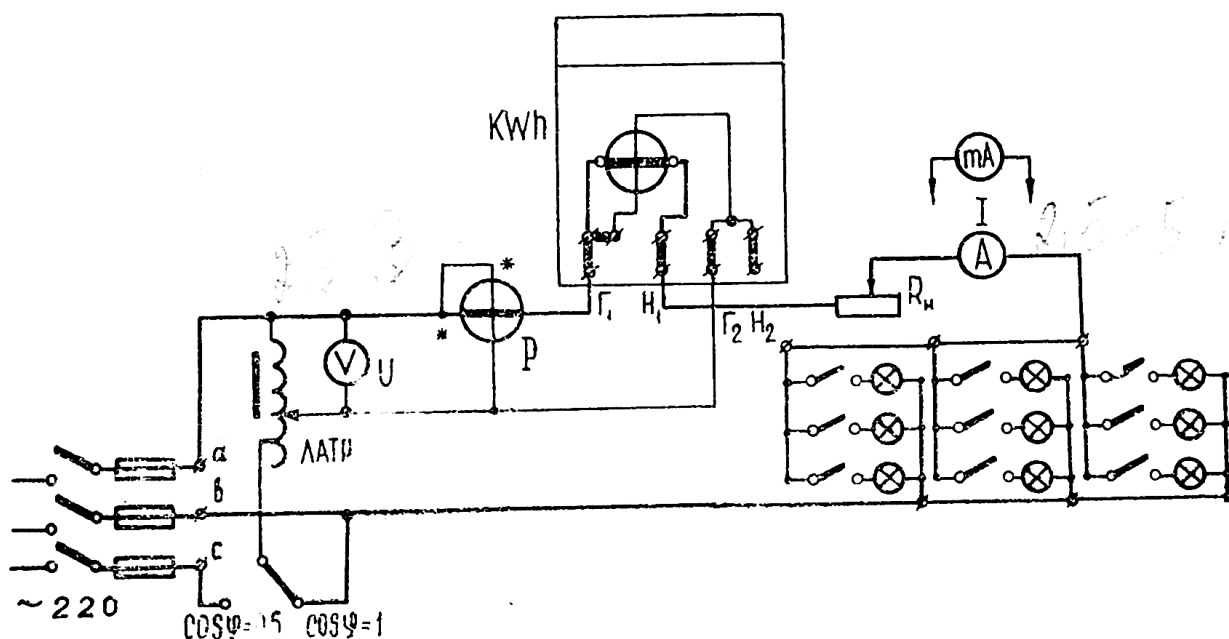


Рис. 3. Схема проверки счетчика

4. Определить чувствительность счетчика, для чего ввести полностью сопротивление ползункового реостата, включить одну из ламп нагрузки и установить с помощью ЛАТРа номинальное напряжение. Уменьшая сопротивление ползункового реостата, определить ток, при котором диск начинает вращаться без остановки. Вычислить чувствительность в процентах по формуле (13). Результаты проверки по п. 3 и 4 записать в табл. 2.

5. По данным, приведенным на счетчике, определить его номинальную постоянную s_n по формуле (7).

6. Определить экспериментально действительную постоянную счетчика по формуле (6) и относительную погрешность счетчика по формуле (10) при $\cos \varphi = 1$ и нагрузке, равной 5; 10; 20; 50; 75; 100% от I_n . Для этого в схеме испытаний заменить миллиамперметр амперметром и ползунковый реостат 5000 ом — реостатом 30 ом. При положении

переключателя П « $\cos \varphi = 1$ » и номинальном напряжении устанавливать поочередно реостатами требуемую нагрузку (5; 10; 20; 50; 75; 100% от I_{II}) и за время не менее 50 сек, отсчитанное по секундомеру, определить целое число оборотов диска N . Затем s_d и γ вычислить по формулам (6) и (10).

7. Результаты измерений и вычислений занести в табл. 3 и по ним построить нагрузочную характеристику $\gamma = f(I/I_{II})$, примерный вид которой для счетчиков различных типов приведен на рис. 4.

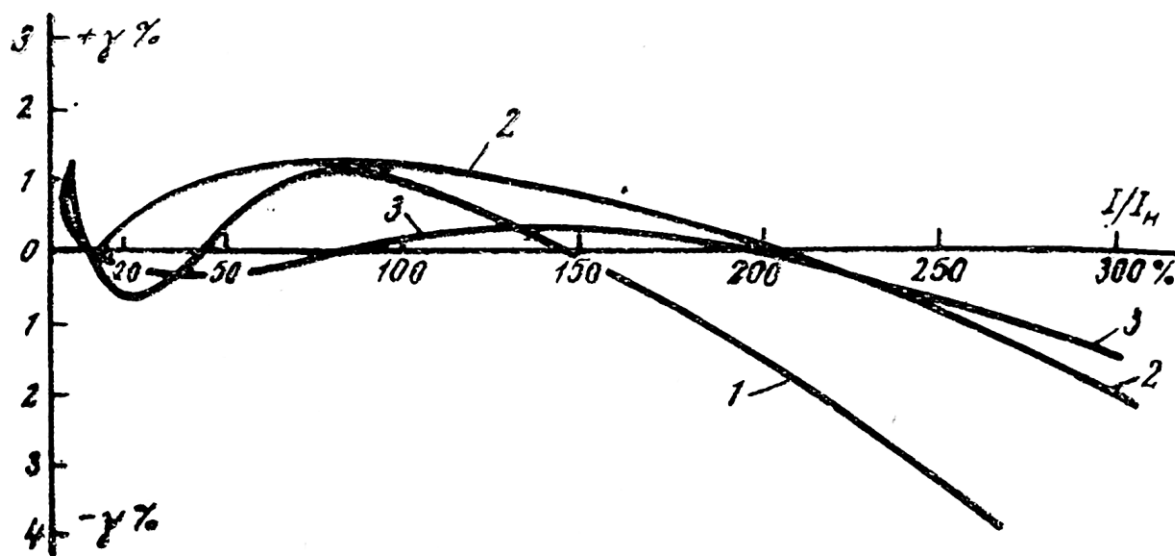


Рис. 4. Нагрузочные характеристики счетчиков: 1 — СО-1; 2 — СО-2; 3 — СО-ОМ

8. Переключить переключатель в положение « $\cos \varphi = 0,5$ » и определить s_d и γ при $\cos \varphi = 0,5$ и нагрузке 20 и 100% от I_{II} , как указано в п. 6.

9. По результатам поверки сделать выводы о поверяемом счетчике.

Таблица 2

U_{II} , В	I_{II} , а	Передаточное отношение, об./квт-час	Самоход при U		Чувствительность	
			80% от U_{II}	100% от U_{II}	а	%

Таблица 3

№ п. п.	Измерено					Вычислено		
	$\cos \varphi$	I , а	P , Вт	t , ссек	N , об	s_{II} , $\frac{\text{Вт. ссек}}{\text{об}}$	s_d , $\frac{\text{Вт. ссек}}{\text{об}}$	γ , %