ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
Տեխնիկական գիտություններ, սերիա XXI, № 4, 1968 Серия технических наук

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Р. Е. АКОПЯН, Г. П. ТЕР-ГАЗАРЯН

ПРИМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТА ХОЛЛА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКОВ В СТЕРЖНЯХ УСПОКОИТЕЛЬНЫХ ОБМОТОК ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ

Измерение токов в успокоительных обмотках гидрогенераторов производится в основном с помощью магнитных поясов (поясков Роговского). Пояски Роговского, как правило, не могут быть установлены на эксплуатируемых генераторах. Для их установки требуется специальная вырубка в полюсе, которая может быть осуществлена лишь на специальных полюсах, предназначающихся для установки датчиков. Кроме того, с помощью поясков Роговского замеряется непосредственно не ток, а его производная. Это вызывает осложнения при определении тока, особенно, если он имеет несинусоидальную форму.

В статье обосновывается целесообразность измерения токов в успокоительных обмотках гидрогенераторов датчиками Холла. В качестве материалов для датчиков Холла практически используются германий, кремний, селенид и теллурид ртути, мышьяковистый и сурьмянистый индий и т. д. [1].

Достоинство датчиков Холла особенно проявляется при измерении несинусоидальных токов. Если при обычных индукционных методах исследуемая кривая сначала дифференцируется, а потом должна интегрироваться, то использование датчиков Холла позволяет сразу получать с достаточной точностью кривую тока [2].

Разработанная схема импульсного питания датчиков Холла приведена на рис. 1. Схема предусматривает возможность работы при двух датчиках, но может быть использована и при одном датчике.

Данная схема работает следующим образом. Нажатием кнопки $K_н$ производится разряд конденсатора C1 и получаемый при этом импульс запускает одновибратор, собранный на транзисторах T1 и T2. Последний выдает прямоугольный импульс, длительность которого можно изменить регулируемым сопротивлением R6. Импульс поступает на базу транзистора T3, последний открываясь, заставляет срабатывать промежуточное реле P1, нормально открытый контакт которого находится в цепи питания реле P2. Необходимая амплитуда управляющего тока данной длительности через датчики Холла обеспечивается на это время подключением их к высоковольтному

источнику постоянного тока через контакты реле Р2, которые замыкаются при срабатывании реле Р1. Для выравнивания вольтовых чувствительностей датчиков Холла предусмотрена возможность стацио-

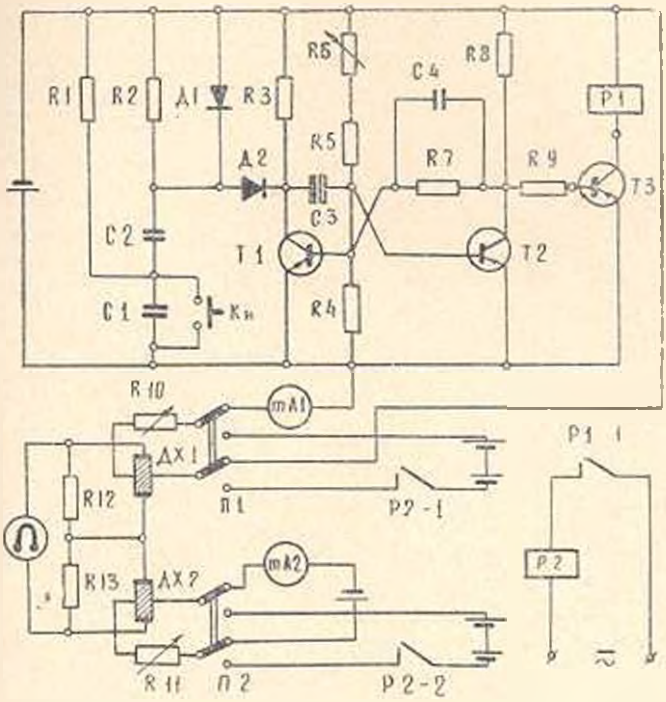

Рис. 1. Схема импульсного питания датчиков Холла.

нарного питания на время их подгонки от низковольтного источника постоянного тока при помощи переключателей П1 и П2. Вольтовые чувствительности выравниваются при помощи регулируемых сопротивлений R10 и R11, включенных в токовые цепи датчиков Холла. Выходы датчиков Холла, суммируясь на сопротивлениях R12 и R13, подаются на осциллограф.

На рис. 2 приведены графики зависимости напряжения Холла от тока в стержне для $i_y = 20$ *ма* и $i_y = 125$ *ма*, показывающие значительную эффективность импульсного питания датчиков повышенным током управления.

На рис. 3 приведены осциллограммы напряжений Холла при различных значениях тока в стержне успокоительной обмотки и при $i_y = 125$ *ма*, свидетельствующие о возможности достаточно точных измерений даже небольших токов в стержнях порядка 250 ампер.

Для измерений тока в стержнях успокоительной обмотки датчики Холла закрепляются в зазорах ферромагнитного магнитопровода, охватывающего стержень и состоящего из двух половинок, каждая из которых заключена в соответствующую обойму (рис. 4). Такой магнитопровод легко устанавливается на стержень успокоительной

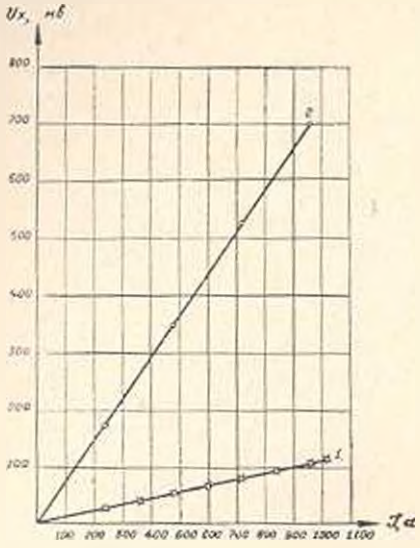

Рис. 2. Графики зависимости напряжения Холла от тока в стержне при $I_y = 20$ *ма* (кривая 1) и $I_y = 125$ *ма* (кривая 2).

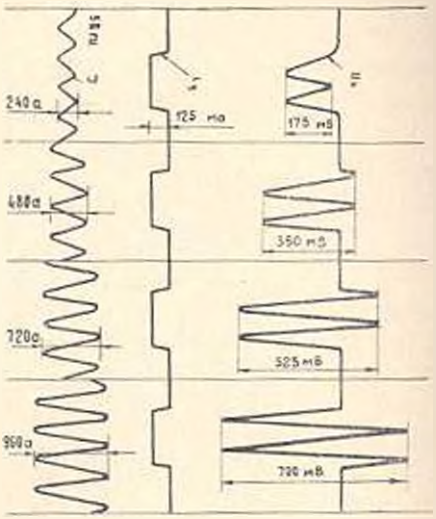

Рис. 3. Осциллограмма напряжений Холла при различных значениях тока в стержне и при $I_y = 125$ *ма*.

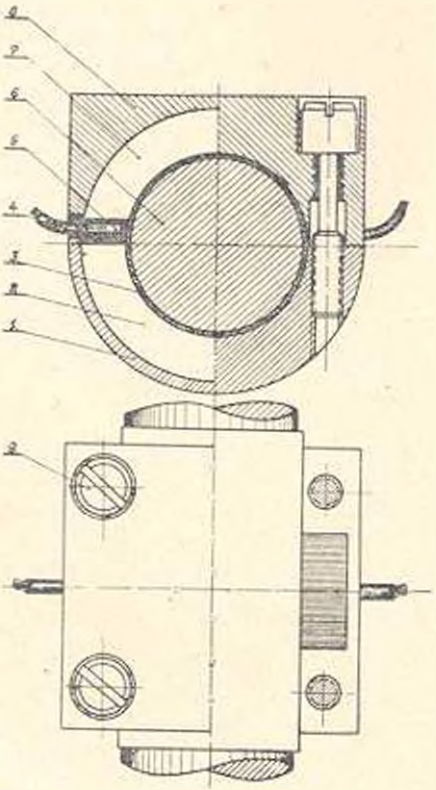

Рис. 4. Эскиз магнитопровода: 1 — нижняя обойма; 2 — нижняя половина магнитопровода; 3 — изоляция; 4 — компаунд; 5 — датчик Холла; 6 — стержень успокоительной обмотки; 7 — верхняя половина магнитопровода; 8 — верхняя обойма; 9 — винт.

обмотки. Помещая в каждый из двух его воздушных зазоров по одному датчику Холла, покрытых слоем компаунда и соединив эти датчики так, чтобы влияние внешних полей взаимно компенсировалось (рис. 5), получим схему практически свободную от влияния внешних полей и независимую от положения датчиков относительно стержня [1]. Обоймы магнитопровода затягиваются винтами, а выводы датчиков по экранированным проводам через токосъемный контакт подаются на измерительную схему. Датчики Холла подбираются в соответствии с рабочей температурой в машине, верхний предел которой обычно не превышает 150 ÷ 200 °С. Этим требованиям отвечают кремниевые датчики Холла, рабочий диапазон температуры которых находится на уровне 150÷200 °С. Величина индукции в магнитопроводе может регулироваться его воздушным зазором. Этой регулировкой должна быть обеспечена линейность кривой намагничивания во всем диапазоне измеряемых токов, так как только при этом сигнал на выходе датчика Холла будет линейно зависеть от величины тока в стержне.

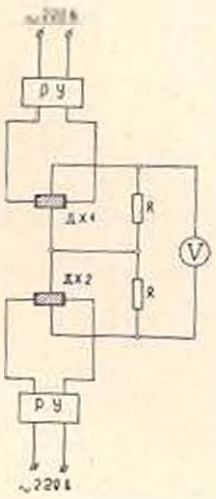

Рис. 5. Схема стационарного питания с двумя датчиками Холла.

Расширение пределов линейной характеристики магнитопровода может быть достигнуто применением материала с большой начальной проницаемостью и другого—с большой индукцией насыщения. Пластины из этих материалов нужно чередовать в наборе. Экспериментально было установлено, что хорошие результаты можно получить, сочетая два материала: пермаллой марки 79НМ и сталь Э44 в пропорции 1:4. При малых токах ход кривой намагничивания определяется пермаллоем марки 79НМ, имеющим высокую начальную проницаемость, а при больших значениях тока ход этой кривой намагничивания определяется сталью Э44.

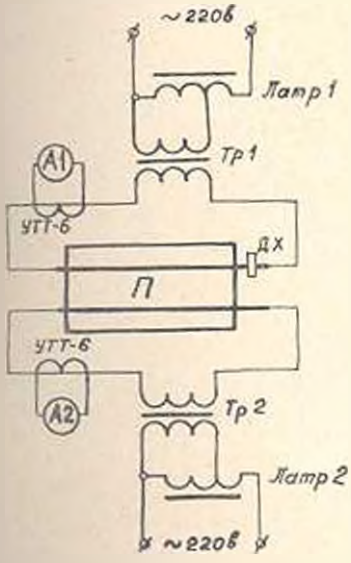

Рис. 6. Схема макетной установки.

Для измерения тока в стержне успокоительной обмотки при помощи датчиков Холла была использована макетная установка (рис. 6), собранная на базе полюса демонтированного гидрогенератора Ереванской ГЭС с диаметром стержня успокоительной обмотки 16 *мм*.

Действующее значение синусоидального тока в двух стержнях успокоительной обмотки менялось от 0 до 1000 *а* посредством тран-

форматоров Тр 1 и Тр 2 ($w_1 = 240$ вит., $I_1 = 4{,}5$ а; $w_2 = 1$ вит.; $I_2 = 1080$ а). Токи измерялись через трансформаторы тока типа УТТ—6 и амперметры Э—59.

Для опытов были использованы германиевые датчики Холла, имеющие следующие параметры:

геометрические размеры в *мм* — 5×3×0,3;

входное и выходное сопротивление в *ом* — 55;

мощность рассеивания датчика в воздухе при температуре 18°С в *вт* — 0,1.

Датчики Холла, включенные по схеме, приведенной на рис. 5, устанавливаются в воздушные зазоры магнитопровода (эскиз см. на рис. 4), величина каждого из зазоров равна $\frac{\delta}{2} = 2$ *мм*. Напряжение Холла измерялось вольтмиллиамперметром электронной системы типа Ф 506 при пропускании через датчики Холла постоянного тока $I_y = 20$ *ма* и при различных значениях тока в стержне успокоительной обмотки. Снижение управляющих токов вызывает уменьшение э. д. с. Холла, однако коэффициент запаса был необходим для исключения возможности перегрева пластин.

Управляющие электроды датчиков Холла питались через регулировочные устройства от сети переменного тока 220 *в*, 50 *гц*. РУ обеспечивает хорошее выпрямление и плавное регулирование управляющих токов датчиков. Каждый из токов регулировался независимо, чтобы можно было обеспечить равенство вольтовых чувствительностей первого и второго датчиков Холла.

Измерения проводились при температуре окружающей среды 20°С. Результаты исследований приведены на рис. 2 (кривая 1, значения напряжений Холла обозначены кружками).

Затем было рассмотрено влияние на показания датчиков Холла магнитного поля соседнего стержня успокоительной обмотки, через который пропускался синусоидальный ток от 0 до 1000 *а* посредством трансформатора Тр 2. Датчики Холла были включены по описанной выше схеме. Напряжение Холла измерялось вольтмиллиамперметром электронной системы типа Ф—506 при различных значениях токов в стержнях успокоительной обмотки. Результаты измерений приведены на рис. 2 (кривая 1, значения напряжений Холла обозначены крестиками). Нетрудно заметить, что влияние магнитного поля соседнего стержня успокоительной обмотки при включении датчика Холла по схеме, приведенной на рис. 5, практически отсутствует.

Было проведено также измерение тока в стержне успокоительной обмотки при помощи схемы импульсного питания датчиков Холла (рис. 1). Датчики Холла были установлены в воздушных зазорах магнитопровода (рис. 4), величина каждого из зазоров которого равна $\frac{\delta}{2} = 2$ *мм*. Общее выходное напряжение подавалось на осцилло-

граф типа К 105 при пропускании через датчики одиночных импульсов постоянного тока амплитудой 125 *ма* и длительностью 40 *м сек*. Через стержень успокоительной обмотки пропускался синусоидальный ток от 0 до 1000 *а* согласно рис. 6. По осциллограммам построен график зависимости $U_x = f(I)$, приведенный на рис. 2 (кривая 2). Сопоставляя кривые 1 и 2 на рис. 2, видим, что вольтовая чувствительность датчика Холла, включенного по схеме согласно рис. 5 равна 0,1 *мв/а*; при импульсном питании датчика — 1,4÷1,5 *мв/а*. Это значение можно увеличить регулировкой амплитуды импульсного тока и длительности.

Результаты испытаний показали, что применение датчиков Холла существенно облегчает производство измерений токов в стержнях успокоительных обмоток гидрогенераторов и дает возможность повысить их точность.

Ереванский политехнический институт
им. К. Маркса

Поступило 18.XI.1967.

ԱԻ-10608

Ռ. Ե. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Վ. Ե. ՏԵՐ-ՂԱԶԱՐՅԱՆ

ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴԻՉՆԵՐՈՒՄ ԱՌԱՋԱՑՈՂ ՀՈԼԼԻ ԷՖԵԿՏԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ՀԻԴՐՈԳԵՆԵՐԱՏՈՐՆԵՐԻ ՀԱՆԳՍՏԱՑՆՈՂ ՓԱԹՈՒՅԹՆԵՐԻ ՁՈՂԵՐՈՒՄ ՀՈՍԱՆՔԻ ՉԱՓՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Ա մ փ ո փ ո ւ մ

Հիդրոգեներատորի հանգստացնող փաթույթի ձողերով անցնող հոսանքի չափման համար օգտագործվում է Հոլլի ավիչը, որը մագնիսական դաշտ (Ֆո-գմակու դաշտի) հետ համեմատած ունի մի շարք առավելություններ։

Հոլլի ավիչի վոլտային զգայնությունը բարձրացնելու համար առաջարկվում է նրա սնման իմպուլսային սխեման։ Բերվում են էքսպերիմենտալ հետազոտությունների արդյունքները։

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жузе В. П.* Применение эффекта Холла в полупроводниках. Тр. конференции „Применение полупроводников в приборостроении“. М., 1958.
2. *Богомолов В. Н.* Устройства с датчиками Холла и датчиками магнитосопротивления. М.—Л., 1961.