МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ДВУХВХОДОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

TECHNIQUE RESEARCH OF TEMPERATURE FIELD TWO-INPUT ELECTRIC MACHINES

Гайтов Багаудин Хамидович доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электротехники и электрических машин, Кубанский государственный технологический университет jlms@mail.ru	Gaytov Bagaudin Khamidovich Doctor of technical sciences, Professor, department of electrical engineering and electrical machines, Kuban state technological university jlms@mail.ru
Гайтова Тамара Борисовна доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электротехника, Московский политехнический университет gaytova@mail.ru	Gaytova Tamara Borisovna Doctor of technical sciences, Professor, Head of the department, of electrical engineering, Moscow polytechnic university gaytova@mail.ru
Киселев Сергей Петрович кандидат технических наук, преподаватель кафедры авиационного и радиоэлектронного оборудования, Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков kisserg75@mail.ru	Kiselev Sergei Petrovich Candidate of technical sciences, Lecturer, department of aviation and radio-electronic equipment, Krasnodar higher military aviation college of pilots kisserg75@mail.ru
Христофоров Михаил Сергеевич аспирант, Кубанский государственный технологический университет mkhristoforov87@mail.ru.	Christoforov Michail Sergeevich Graduate student, department of electrical engineering and electrical machines, Kuban state technological university mkhristoforov87@mail.ru
Аннотация. Приводится разработанная авторами методика расчета, позволяющая осуществить исследование температурного полядвух входовых электрических машин.	Annotation. The authors developed the method of calculation is given, allowing to carry out a study of the temperature field of two-inputelectrical machines.

Ключевые слова: двухвходовая электрическая машина, теплопередача, температурное поле.

Keywords: electric machine, heat transfer, thermal field.

етод эквивалентных тепловых схем, выбранный нами для исследования теплопередачи в двухвходовых электрических машинах (ДЭМ), основан на аналогии тепловых и электрических потоков, а также тепловых и электрических сопротивлений. Эта аналогия вытекает из известных формул для элементарных участков тепловой и электрической цепи [1–4]

$$Q = \lambda S \Delta \vartheta / \delta = \Delta \vartheta / R_T;$$

$$I = S \Delta \vartheta / (\rho \cdot I) = \Delta \vartheta / R_3,$$
(1)

где $R_T = \delta / (\lambda S)$ – тепловое сопротивление, °C/Вт; $R_{\mathcal{F}} = \rho \cdot I / S$ – электрическое сопротивление, Ом.

В случае теплоотдачи с поверхности твердого тела (1) принимает вид

$$Q_n = \Delta \vartheta / R_\alpha \,, \tag{2}$$

где $R_{\alpha} = 1/\alpha S$ –тепловое сопротивление теплоотдачи с поверхности S при коэффициенте теплоотдачи α.

Метод эквивалентных сопротивлений может рассматриваться как метод конечных разностей, когда шаг сетки выбирают равным длине однородного участка тепловой схемы машины, и он становится соизмеримым с размерами отдельных участков машины.

Для составления тепловой схемы замещения ДЭМ, например [5–7], необходимо всю тепловую систему машины с непрерывно распределенными тепловыми источниками и тепловыми параметрами заменить эквивалентной электрической схемой (сеткой), составленной из внутренних сопротивлений между узловыми точками R_{λ} и поверхностных сопротивлений R_{α} .

Естественно, что при этом с увеличением числа узловых точек тепловой схемы, точности определения коэффициентов теплоотдачи с поверхностей нагрева, теплопроводности выбранных материалов и др. учитывается точность теплового расчета.

Использование тепловых схем замещения позволяет определить средние температуры отдельных частей ДЭМ, принимаемых за однородные тела.

Соответствующая тепловая схема замещения ДЭМ, состоящей изякоря с обмоткой и щеточноколлекторным узлом машины постоянного тока и ротора асинхронной машины представлена на рисунке 1. Как следует из рисунка ДЭМ, якорь и ротор в случае, представленном на рисунке 1, вращаются в одном направлении, но с различными угловыми скоростями вращения.



Рисунок 1 – Тепловая схема замещения ДЭМ

Рассмотрим сначала эквивалентные тепловые схемы раздельно: якоря, ротора и коллектора, а затем полученные схемы соединим между собой, соблюдая принцип их взаимного конструктивного расположения. Так, тепловую схему якоря можно разбить на следующие шесть условно однородных в тепловом отношении частей, являющихся источниками тепла и имеющих свои внутренние тепловые сопротивления (рис. 1):

- пазовая часть якоря с источником тепловых потерь P_M^{π} ;

две (в общем случае разные) лобовые части обмотки якоря с источниками тепловых потерь
 P_n^{я'} и *P_n^{я''}*;

- стальной сердечник якоря с источником тепловых потерь P_c^{g} ;

 петушки обмотки якоря со стороны коллектора, служащие для электрической связи обмотки с коллектором, имеющие источник тепловых потерь *P*^{*n*}_{*n*};

 наружная цилиндрическая поверхность якоря с источником тепловых потерь *P^я_{MX}*, обусловленных трением этой поверхности о воздух.

В каждой части машины выделяются потери, мощность которых определяют тепловые потоки. Считая в общем случае, что условия охлаждения рассматриваемых частей машины различны, принимаем четыре пути рассеяния следующих семи тепловых потоков:

 тепловой поток Q^я_{из} к стенкам (или обратно, в зависимости от соотношения электрических и магнитных нагрузок) зубцов сердечника якоря с перепадом температуры в тепловом сопротивлении изоляции паза R^я_{из};

 радиальный тепловой поток Q^я_{cp} к охлаждающему воздуху осевых вентиляционных каналов (между валом и сердечником) и к менее нагретому (практически холодному) валу ДЭМ через тепловое сопротивление R⁹_{cp};

– тепловые потоки $Q_M^{\pi'}$ и $Q_M^{\pi''}$ от пазовых частей обмотки якоря с перепадом температуры в тепловых сопротивлениях обмоток вдоль проводников $R_M^{\pi'}$ и $R_M^{\pi''}$;

– тепловые потоки $Q_n^{\pi'}$ и $Q_n^{\pi''}$ лобовых частей обмотки якоря с тепловыми сопротивлениями $R_n^{\pi''}$ и $R_n^{\pi''}$;

тепловые потоки Q^{g'}_c и Q^{g''}_c с поверхности сердечника якоря с перепадом температуры в те пловых сопротивлениях R^{g'}_c и R^{g''}_c;

– тепловой поток в радиальном направлении Q_{δ} с наружной поверхности якоря к охлаждающему воздушному потоку в воздушном зазоре δ ДЭМ с перепадом температуры в тепловом сопротивлении R_{δ} , являющимся общим для потерь пазовых частей обмоток якоря P_{M}^{R} и ротора P_{M}^{p} , а также механических потерь от трения наружной поверхности якоря P_{MX}^{R} и внутренней поверхности ротора $P_{MX}^{p''}$;

- тепловой поток Q^я петушков обмотки якоря с перепадом температуры в тепловом сопротивлении R^я.

Тепловую схему коллектора целесообразно представить одним участком, в котором действуют тепловые потоки $Q_{\kappa}^{g'}$ и $Q_{\kappa}^{g''}$ с поверхности коллектора, обусловленные электрическими и механическими (от трения щеток и воздуха о поверхность коллектора) потерями. Перепад температуры при этом определяется тепловыми сопротивлениями $R_{\kappa}^{g''}$ и $R_{\kappa}^{g''}$ (рис. 1).

Тепловая схема ротора разбита на шесть условно однородных в тепловом отношении участков, являющихся источниками тепла и имеющих свои внутренние тепловые сопротивления (рис. 1):

- пазовая часть ротора с источником тепловых потерь P^p_M ;

– две (в общем случае разные) лобовые части обмотки фазного ротора с источниками тепловых потерь;

- стальной сердечник ротора с источником тепловых потерь *P*^p_c;

 наружная цилиндрическая поверхность ротора (точнее корпуса, куда впрессован ротор) с источником тепловых потерь *P^{p'}_{MX}*;

- внутренняя цилиндрическая поверхность ротора с источником тепловых потерь $P_{Mx}^{p^{n}}$.

В каждой из шести частей ротора ДЭМ выделяются потери, мощность которых определяют тепловые потоки в роторе машины. Как и в случае якоря, принимаем четыре пути рассеяния следующих тепловых потоков:

– тепловой Q_{U3}^{p} к стенкам (или обратно, в зависимости от соотношения электрических и магнитных нагрузок) зубцов сердечника ротора с перепадом температуры в тепловом сопротивлении изоляции паза R_{U3}^{p} ;

 тепловые потоки Q_M^{p'} и Q_M^{p''} от пазовых частей обмотки с перепадом температуры в тепловых сопротивлениях обмоток вдоль проводников P_M^{p'} и R_M^{p''};

тепловые потоки Q_n^{p'} и Q_n^{p''} лобовых частей обмотки ротора с тепловыми сопротивлениями
 R_n^{p'} и R_n^{p''};

– тепловые потоки $Q_c^{p'}$ и $Q_c^{p''}$ с поверхности сердечника ротора с перепадом температуры в тепловых сопротивлениях $R_c^{p'}$ и $R_c^{p''}$;

тепловой поток Q_δ с внутренней поверхности ротора, являющийся общим с аналогичным потоком с наружной поверхности якоря с перепадом температуры в тепловом сопротивлении R_δ (см. выше); здесь учитываются тепловые потоки от трения наружной поверхности якоря P^g_{MX} и внутренней поверхности ротора P^{p^{*}}_{MX};

– тепловые потоки $Q_{MX}^{p'}$ и $Q_{MX}^{p''}$ механических потерь на трение наружной цилиндрической поверхности ротора (точнее – поверхность корпуса ДЭМ, куда впрессован пакет ротора) с перепадом температуры в тепловом сопротивлении $R_{MX}^{p'}$.

С целью расчета теплового режима ДЭМ по рисунку 1 и определения средних значений превышений температур отдельных частей машины (обмотки якоря и ротора, сердечников якоря и ротора, коллектора) необходимо принять температуру окружающего воздуха и теплорассеивающих поверхностей одинаковой и равной средней температуре нагрева воздуха в объеме ДЭМ. При этом допустимо (без ущерба для точности расчета) пренебречь тепловым сопротивлением обмоток якоря и ротора вдоль проводников, а также тепловым сопротивлением коллектора в осевом направлении.

С учетом этих допущений, а также расчленив ДЭМ на отдельные функциональные узлы: якорь совместно с коллектором и отдельно ротор, получим упрощенные тепловые схемы замещения якоряколлектора (рис. 2 – 1-й этап упрощения, рис. 3 – 2-й этап упрощения) и ротора (рис. 4 – 1-й этап упрощения, рис. 5 – 2-й этап упрощения).

На рисунке 2 в коллекторе введено тепловое сопротивление R_{κ}^{π} (отсутствующее на рис. 1), которое учитывает сопротивление тепловому потоку P_{κ}^{π} в радиальном направлении с наружной по-

верхности коллектора. При этом (как указано выше) сопротивления в осевом направлении $R_{\kappa}^{\pi'}$ и $R_{\kappa}^{\pi'}$ приняты равными нулю. В то же время следует учесть, что перегрев петушков обмотки якоря практически всегда совпадает с перегревом самой обмотки якоря. Поэтому уже на первом этапе упрощения

из схемы исключены тепловой поток петушков $P_n^{\mathfrak{R}}$ и тепловые сопротивления $R_n^{\mathfrak{R}}$ и $R_0^{\mathfrak{R}}$.



Рисунок 2 – Первый этап упрощения тепловой схемы якоря-коллектора ДЭМ



Рисунок 3 – Второй этап упрощения тепловой схемы якоря-коллектора ДЭМ



Рисунок 4 – Первый этап упрощения тепловой схемы ротора ДЭМ



Рисунок 5 – Второй этап упрощения тепловой схемы ротора ДЭМ

На рисунке 2-5 в процессе упрощения тепловых схем якоря, коллектора и ротора ДЭМ получены новые выражения для источников тепловых потерь Pi, тепловых потоков Qi и тепловых сопротивлении Rⁱ, рассчитываемых в зависимости от схемы их включения. При этом получены следующие их выражения для схемы якоря-коллектора ДЭМ

1

$$P_{MH}^{\mathcal{B}} = P_{MX}^{\mathcal{B}} + P_{M}^{\mathcal{B}} + P_{\pi}^{\mathcal{B}} + P_{\pi}^{\mathcal{B}}; Q_{H}^{\mathcal{B}} = Q_{\delta} + Q_{MX}^{\mathcal{B}'} + Q_{MX}^{\mathcal{B}'}; R_{H}^{\mathcal{B}} = \frac{R_{\delta} \cdot R_{MX}^{\mathcal{B}'} \cdot R_{MX}^{\mathcal{B}'} \cdot R_{MX}^{\mathcal{B}''}}{R_{\delta} \cdot R_{MX}^{\mathcal{B}'} + R_{\delta} \cdot R_{MX}^{\mathcal{B}''}}; Q_{C}^{\mathcal{B}} = \frac{Q_{Cp}^{\mathcal{B}} \cdot Q_{Cp}^{\mathcal{B}'}}{Q_{Cp}^{\mathcal{B}} + Q_{C}^{\mathcal{B}''}}; R_{C}^{\mathcal{B}} = \frac{R_{Cp}^{\mathcal{B}} \cdot R_{Cp}^{\mathcal{B}''}}{R_{Cp}^{\mathcal{B}} + R_{C}^{\mathcal{B}''}};$$
(3)

и для схемы ротора ДЭМ

$$P_{CH}^{p} = P_{C}^{p} + P_{Mx}^{p};$$

$$P_{M6}^{p} = P_{M}^{p} + P_{\Pi}^{p'} + P_{\Pi}^{p''} + P_{Mx}^{p''};$$

$$Q_{H}^{p'} = \frac{Q_{CM}^{p} \cdot Q_{Mx}^{p'} + Q_{Mx}^{p''} + Q_{Mx}^{p''}}{Q_{CM}^{p'} \cdot Q_{C}^{p'} + Q_{Mx}^{p'} + Q_{CM}^{p'} \cdot Q_{Mx}^{p''}};$$

$$Q_{H}^{p} = \frac{Q_{H}^{p'} \cdot Q_{C}^{p'} + Q_{C}^{p'} \cdot Q_{C}^{p''}}{Q_{H}^{p'} \cdot Q_{C}^{p''} + Q_{C}^{p'} \cdot Q_{C}^{p''}};$$

$$R_{H}^{p'} = \frac{R_{CM}^{p} \cdot R_{Mx}^{p'} + R_{Mx}^{p'} \cdot R_{Mx}^{p''}}{R_{H}^{p'} \cdot R_{C}^{p'} + R_{C}^{p'} \cdot R_{C}^{p''}};$$

$$R_{H}^{p} = \frac{R_{H}^{p'} \cdot R_{C}^{p'} + R_{C}^{p'} \cdot R_{C}^{p''}}{R_{H}^{p'} \cdot R_{C}^{p'} + R_{C}^{p'} \cdot R_{C}^{p''}};$$

$$R_{H}^{p} = \frac{R_{H}^{p'} \cdot R_{C}^{p'} + R_{C}^{p'} \cdot R_{C}^{p''}}{R_{H}^{p'} \cdot R_{C}^{p''} + R_{C}^{p'} \cdot R_{C}^{p'''}};$$

$$R_{R}^{p} = \frac{R_{A}^{0} \cdot Q_{Mx}^{p'} + Q_{Mx}^{p'} \cdot Q_{Mx}^{p'''}}{Q_{\delta} \cdot Q_{Mx}^{p'} + Q_{Mx}^{p'} \cdot Q_{Mx}^{p'''}};$$

$$R_{R}^{p} = \frac{R_{\delta} \cdot R_{Mx}^{p'} + R_{Mx}^{p'} \cdot R_{\delta}^{p'''}}{R_{\delta} \cdot R_{Mx}^{p''} + R_{\delta}^{p'''}};$$

На рисуке 1–5 тепловые потоки Q_{u3}^я якоря и Q_{u3}^p ротора ДЭМ показаны действующими либо от паза к сердечнику через слой изоляции, либо обратно. В данной конкретной ситуации направления действия этих потоков зависят от соотношения электрических и магнитных нагрузок. Так, при высоком классе изоляции обмоточного провода и пазовой изоляции, например класса F, H или C с высокими температурными индексами, соответственно 155, 180 или свыше 180 °С, электрические нагрузки, т.е.

плотность тока в обмотке принимается повышенной и тогда вероятнее всего тепловой поток Qu3 будет направлен от паза к сердечнику. Естественно, что при низких классах изоляции картина будет противоположная.

Дальнейшее упрощение тепловых схем по рисункам 3 и 5 осуществляется аналогичным образом, как это сделано в выражениях (3) и (4), объединив еще раз тепловые потоки и сопротивления. В случае упрощения тепловой схемы якоря-коллектора целесообразно разорвать связь между ними, как это сделано на рисунке 6 и 7.



Рисунок 6 – Третий (окончательный) этап упрощения тепловой схемы якоря ДЭМ



Рисунок 7 – Третий (окончательный) этап упрощения тепловой схемы коллектора ДЭМ



Рисунок 8 – Третий (окончательный) этап упрощения тепловой схемы ротора ДЭМ

На окончательных тепловых схемах ДЭМ сделаны следующие преобразования: для тепловой схемы якоря

$$\begin{aligned}
Q_{MH}^{g} &= \frac{Q_{H}^{g} \cdot Q_{\Pi}^{g'} \cdot Q_{\Pi}^{g''}}{Q_{H}^{g} \cdot Q_{\Pi}^{g'} + Q_{\Pi}^{g} \cdot Q_{\Pi}^{g''} + Q_{H}^{g} \cdot Q_{\Pi}^{g'''}}; \\
R_{MH}^{g} &= \frac{R_{H}^{g} \cdot R_{\Pi}^{g'} \cdot R_{\Pi}^{g''} \cdot R_{\Pi}^{g''}}{R_{H}^{g} \cdot R_{\Pi}^{g'} + R_{\Pi}^{g'} \cdot R_{\Pi}^{g''} + R_{H}^{g} \cdot R_{\Pi}^{g''}}; \\
Q_{CC}^{g} &= \frac{Q_{C}^{g'} \cdot Q_{C}^{g}}{Q_{C}^{g'} + Q_{C}^{g}}; \\
R_{CC}^{g} &= \frac{R_{C}^{g'} \cdot R_{C}^{g}}{R_{C}^{g'} + R_{C}^{g}}; \end{aligned}$$
(5)

для тепловой схемы ротора

$$Q_{MB}^{p} = \frac{Q_{g}^{p} \cdot (Q_{\pi}^{p})^{2}}{2 \cdot Q_{g}^{p} \cdot Q_{\pi}^{p} + (Q_{\pi}^{p})^{2}};$$

$$R_{MB}^{g} = \frac{R_{g}^{p} \cdot (R_{\pi}^{p})^{2}}{2 \cdot R_{g}^{p} \cdot R_{\pi}^{p} + (R_{\pi}^{p})^{2}}.$$
(6)

Окончательно расчетное значение перепада температуры отдельных частей ДЭМ и машины в целом получается по выражению (1) для тепловых цепей. При этом значения тепловых сопротивлений для различных участков цепи в зависимости от геометрических, электрических, тепловых и т.д. параметров отдельных участков (элементов) цепи известны и широко освещены в литературе [8–13 и др.].

Однако следует учесть, что значения этих сопротивлений являются усредненными и при расчетах могут дать значительные расхождения с действительными (экспериментальными) значениями. Это же самое относится и к любому другому расчетному методу исследования температурного поля электрических машин.

Более точные значения тепловых сопротивлений получаются в результате тепловых испытаний на моделях или натурных образцах машин.

Литература:

1. Гайтова Т.Б., Кашин Я.М. Нетрадиционные электротехнические комплексы (теория, расчет и конструкции). – Краснодар : КВАИ, 2004.– 403 с.

2. Ариди Ф.М. Теплопередача в двухмерных электрических машинах для нетрадиционной энергетики : дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 1999. – 152 с.

3. Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины. – Л. : Энергия, – 1972. – Ч. 1 – 544 с. –1973. Ч. 2 – 648 с.

4. Копылов И.П. Электрические машины. – М. : Высш. школа, Логос, 2000. – 607 с.

5. Пат. RUS № 2450411 Аксиальная двухвходовая бесконтактная электрическая машина-генератор / Б.Х. Гайтов, Я.М. Кашин, Т.Б. Гайтова, А.Я. Кашин, Д.В. Пауков, А.В. Голощапов. – Опубл. 12.01.2011. – Бюл. № 13.

6. Пат. RUS № 2561504 Аксиальный двухвходовый бесконтактный ветро-солнечный генератор / Б.Х. Гайтов, Я.М. Кашин, А.Я. Кашин, Л.Е. Копелевич, А.В.Самородов. – Опубл. 16.06.2014.

7. Гайтов Б.Х., Самородов А.В., Копелевич Л.Е., Кашин Я.М. Двухмерная электрическая машинагенератор для автономных систем электроснабжения // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2013. – № 1–2. С. 66–69.

8. Богаенко И.Н. Исследование тепловых процессов в электрических машинах для целей диагностики : дис. ... д-ра техн. наук. – Киев, 1979. – 373 с.

9. Васильев Ю.К. Теория и инжекторные методы расчетов тепловых процессов в электрических двигателях : дис. ... д-ра техн. наук. – М. : МЭИ, 1969. – 43 с.

10. Готтер Г. Нагревание и охлаждение электрических машин / пер. с нем. под ред. В.В. Мальцева. – М., Л. : Госэнергоиздат, 1961. – 480 с.

11. Гуревич Э.И. Тепловые испытания и исследования электрических машин. – Л. : Энергия, 1977. – 294 с. 12. Soderberg R. Steady flow of heat in large turbine-generators // «Transactions AIEE». – 1931. – June. P. 787–802.

13. Копелевич Л.Е. Электромагнитные и тепловые переходные процессы в асинхронных двигателях с переменными параметрами : дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 1989. – 209 с.

References:

1. Gaytova T.B., Kashin Ya.M. Nonconventional electrotechnical complexes (theory, calculation and designs). – Krasnodar : KVAI, 2004. – 403 p.

2. Aridi F.M. A heat transfer in two-dimensional electrical machines for nonconventional power : yew. ... cand. tech. sci. – Krasnodar, 1999. – 152 p.

3. Kostenko M.P., Piotrovsky L.M. Electrical machines. – L. : Energy, – 1972. – P. 1 – 544 p. – 1973. P. 2 – 648 p.

4. Kopylov I.P. Electrical machines. - M. : Higher school, Logos, 2000. - 607 p.

5. Patent RUS No. 2450411 Axial dvukhvkhodovy contactless electric machine generator / B.H. Gaytov, Ya.M. Kashin, T.B. Gaytova, A.Ya. Kashin, D.V. Paukov, A.V. Goloshchapov. – Publ. 1/12/2011. – Bulletin No. 13.

6. Patent RUS No. 2561504 Axial dvukhvkhodovy contactless vetro-solar generator / B.H. Gaytov, Ya.M. Kashin, A.Ya. Kashin, L.E. Kopelevich, A.V. Samorodov. – Publ. 6/16/2014.

7. Gaytov B.H., Samorodov A.V., Kopelevich L.E., Kashin Ya.M. The two-dimensional electric machine generator for autonomous systems of power supply // Science. Engineering. Technology (polytechnical messenger). – 2013. – No. 1–2. P. 66–69.

8. Bogayenko I.N. A research of thermal processes in electrical machines for diagnostics: yew. ... dr. sci. tech. – Kiev, 1979. – 373 p.

9. Vasilyev Yu.K. The theory and injector methods of calculations of thermal processes in electric engines : yew. ... dr. sci. tech. – M. : MEI, 1969. – 43 p.

10. Gotter G. Heating and cooling of electrical machines / lanes with him. under the editorship of V.V. Maltsev. – M., L. : Gosenergoizdat, 1961. – 480 p.

11. Gurevich E.I. Thermal tests and researches of electrical machines. – L. : Energy, 1977. – 294 p.

12. Soderberg R. Steady flow of heat in large turbine-generators // «Transactions AIEE». - 1931. - June. - P. 787-802.

13. Kopelevich L.E. Electromagnetic and thermal transition processes in asynchronous engines with variable parameters : yew. ... cand. tech. sci. – Krasnodar, 1989. – 209 p.