

При нажатии кнопки «Вправо» автомат переходит в настройки уставок защит, поочередно пролистывает их, возвращаясь в режим «Работа». В режиме «Настройка уставок защит» кнопки «Вверх» и «Вниз» регулируют значение выбранной уставки.

Внешний вид печатных плат устройства показан на рис. 2.

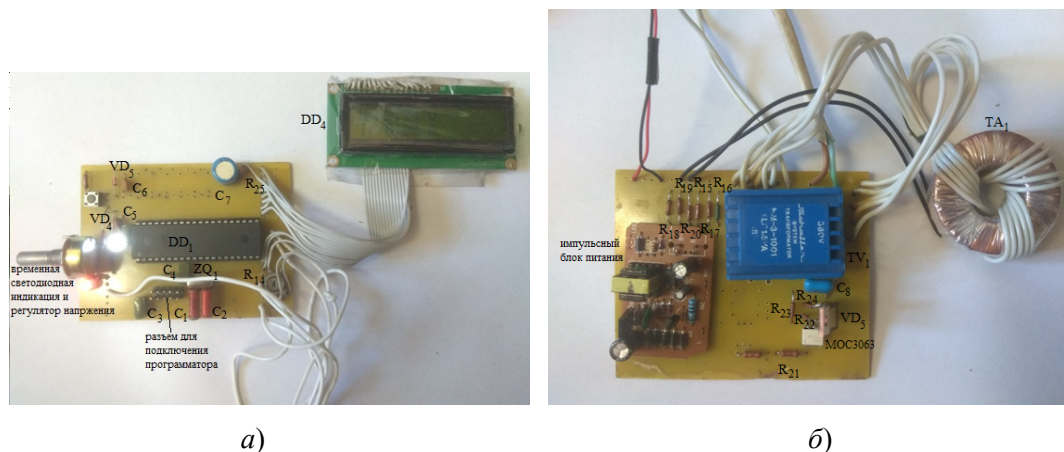


Рис. 2. Внешний печатных плат (а и б) макета электронного автоматического выключателя

На данный момент в приборе действуют три защиты: по току короткого замыкания, по максимальному и минимальному напряжению. Планируется добавление дифференциальной защиты, максимальной токовой защиты с независимой и зависимой выдержкой времени, температурной защиты от перегрузки.

Практическое применение разработки позволит повысить функциональность и надежность систем защиты низковольтных электрических сетей как на промышленных предприятиях, так и для бытовых потребителей.

### ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ВЫБОР ВАРИАНТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Д. В. Бобров, В. Д. Козлов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Ю. А. Рудченко

При выборе трансформатора нужно руководствоваться требованиями надежности и экономичности, в данном докладе рассматривается экономический аспект данного вопроса. Выбор трансформатора, прежде всего, следует начинать с требования категории надежности и требуемого числа. На промышленных предприятиях применяют зачастую одно- и двухтрансформаторные подстанции. Конкретное число трансформаторов выбирают, учитывая нагрузку и категорию надежности. Зная категорию и нагрузку, можно выбрать оптимальный вариант коэффициента нагрузки, а далее – и число трансформаторов, чтобы потом сравнить варианты и выбрать наиболее выгодный. Коэффициент загрузки составляют: для первой категории – 0,65–0,7, для второй – 0,7–0,8, для третьей – 0,9–0,95.

При технико-экономическом сравнении вариантов трансформаторов отдаются предпочтения наиболее выгодному варианту. Стоит учитывать не только самую стои-

мость трансформатора, но и годовые издержки. В данном докладе рассматривается вариант сравнения трансформаторов с учетом годовых издержек, уменьшая которые, мы получаем вариант трансформатора наиболее выгодный при эксплуатации.

В полном виде формула годовых издержек выглядит следующим образом:

$$I_{\text{год}} = KR + (12a + b \cdot 8760) \Delta P_{\text{ХХ}} + (12a + b \cdot \tau) K_{\text{з.макс}}^2 \cdot \Delta P_{\text{КЗ}}, \quad (1)$$

где  $K$  – первоначальные денежные вложения в покупку трансформатора (деньги предприятия или кредит);  $R$  – доля ежегодных отчислений на погашение кредита;  $a$  – основная плата за мощность (за 1 месяц);  $b$  – дополнительная плата за потребленную электроэнергию;  $\Delta P_{\text{ХХ}}$  и  $\Delta P_{\text{КЗ}}$  – потери холостого хода и потери короткого замыкания трансформатора, справочные данные;  $\tau$  – время наибольших потерь;  $K_{\text{з.макс}}^2$  – максимальный коэффициент загрузки.

Время наибольших потерь можно рассчитать через формулу

$$\tau = (0,124 + T_{\text{м}} \cdot 10^{-4}) \cdot 8760,$$

где  $T_{\text{м}}$  – число часов использования максимальной нагрузки:

$$K_{\text{з}} = \frac{S}{S_{\text{ном}}},$$

где  $S$  – нагрузка трансформатора;  $S_{\text{ном}}$  – номинальная мощность трансформатора;

$$R = \frac{\rho(1 + \rho)^n}{(1 + \rho)^n - 1},$$

где  $\rho$  – годовая процентная ставка (о. е.);  $n$  – число лет, на которое разделен кредит.

Из выражения (1) следует, что годовые издержки на эксплуатацию трансформатора состоят из двух частей. Первая часть издержек – это стоимость и условия кредита. Выбор экономичного трансформатора (среди предложений на рынке) и выгодных условий кредитования ведут к снижению данных издержек.

Вторая часть издержек – это технические характеристики трансформатора и его энергоэффективность в эксплуатации. Данные издержки можно снизить, выбрав оптимальную номинальную мощность и вариант трансформатора с меньшими потерями холостого хода и потерями короткого замыкания.

Рассмотрим пример выбора силового распределительного трансформатора для однострансформаторной подстанции питающей потребителя с нагрузкой III категории. Число часов максимальной нагрузки равно 3000 ч. В результате технических расчетов к установке рекомендован трансформатор мощностью 630 кВА. Коэффициент загрузки трансформатора в режиме максимальной нагрузки равен 0,9.

Проведем сравнение двух вариантов силовых распределительных трансформаторов ТМГ-630/10 (11 серии) и ТМГ-630/10 (12 серии). Трансформаторы 12 серии являются более энергосберегающими из-за более низких потерь ХХ и КЗ. Технико-экономические характеристики трансформаторов показаны в табл. 1.

Таблица 1

**Технико-экономические характеристики трансформаторов**

Характеристика	ТМГ-630/10 (11 серии)	ТМГ-630/10 (12 серии)
Мощность, кВА	630	630
Потери холостого хода, Вт	1060	800
Потери короткого замыкания, Вт	7450	6750
Цена, р.	10744,8	11818,8

Результаты расчетов годовых эксплуатационных издержек и сравнительной цены трансформаторов приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Выбор варианта распределительного трансформатора**

Характеристика	ТМГ-630/10 (11 серии)	ТМГ-630/10 (12 серии)
Годовые издержки $I_{\text{ГОД}}$ , р.	7342,11	6484,42
Сравнительная цена $C_{\text{СРАВН}}$ , р.	79805,17	70482,79

Из результатов расчета видно, что к установке выгоднее принять трансформатор ТМГ-630/10 (12 серии), для которого сравнительная цена и годовые издержки ниже.

Дополнительно рассмотрим пример установки трансформатора большей мощности (годовое потребление энергии потерь КЗ будет меньше из-за более низкого  $K_{\text{з, макс}}$ . В качестве вариантов примем трансформаторы марки ТМГ-1000/10 (11 серии) и ТМГ-1000/10 (12 серии). Технико-экономические характеристики трансформаторов даны в табл. 3.

Таблица 3

**Технико-экономические характеристики трансформаторов**

Характеристика	ТМГ-1000/10 (11 серии)	ТМГ-1000/10 (12 серии)
Мощность, кВА	1000	1000
Потери холостого хода, Вт	1400	1100
Потери короткого замыкания, Вт	10800	10500
Цена, р.	15426	16965,6

Результаты расчета приведены в табл. 4.

**Выбор варианта распределительного трансформатора**

Характеристика	ТМГ-1000/10 (11 серии)	ТМГ-1000/10 (12 серии)
Годовые издержки И <sub>ГОД</sub> , р.	6845,66	6251,38
Сравнительная цена Ц <sub>СРАВН</sub> , р.	74409,37	67949,77

Из результатов расчета (табл. 4) видно, что целесообразнее принимать к установке трансформаторы новых серий, обладающих лучшими техническими характеристиками. Наиболее выгодно установить трансформатор ТМГ-1000/10 (12 серии), так как данный вариант имеет меньшие годовые издержки и сравнительную цену, чем трансформатор 11 серии. Также из приведенных примеров видно, что выбор трансформатора большей мощности может вести к снижению годовых издержек за счет уменьшения коэффициента загрузки трансформатора.

**Литература**

1. Справочник по проектированию электроснабжения / под ред. Ю. Г. Барыбина [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
2. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий : в 2 кн. / под общ. ред. А. А. Федорова и Г. В. Сербиновского. – М. : Энергия, 1973. – Кн. 1. Проектровочные сведения. – 520 с.
3. Трансформаторы силовые масляные / ОАО «Минский электротехн. завод им. В. И. Козлова». – Режим доступа: <https://metz.by/transformatory-silovye-maslyanye/>. – Дата доступа: 14.02.2020.
4. Декларация об уровне тарифов на электрическую энергию, отпускаемую республиканскими унитарными предприятиями электроэнергетики ГПО «Белэнерго» для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей : приказ М-ва антимонопольного регулирования и торговли Респ. Беларусь, 30 янв. 2020 г., № 21 // Мин-во энергетики Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/wpcontent/uploads/jelektro-1.pdf>. – Дата доступа: 12.11.2020.

**ПОИСК ПУТЕЙ СНИЖЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
КОРОТКОВОЛНОВОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
ИСТОЧНИКОВ СВЕТА, ЭКРАНОВ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ  
И КОМПЬТЕРОВ НА ЗРИТЕЛЬНЫЕ ОРГАНЫ ЧЕЛОВЕКА**

**Г. А. Слепнёв**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель А. И. Кравченко

Оптическое излучение, воздействующее на зрительные органы человека, подразделяется на несколько частей спектра: ультрафиолетовое излучение в диапазоне с длинами волн от 200 до 400 нм; видимая часть света, которая улавливается глазом (400–750 нм); инфракрасное излучение (свыше 750 нм).

Особый интерес представляет длинноволновый ультрафиолет (УФ-А, эритемная область), или так называемый черный свет (310–400 нм), который человеческий глаз способен улавливать, и синий – в диапазоне 400–480 нм – коротковолновая часть видимого света. Действие ультрафиолетового излучения на живые существа