

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.

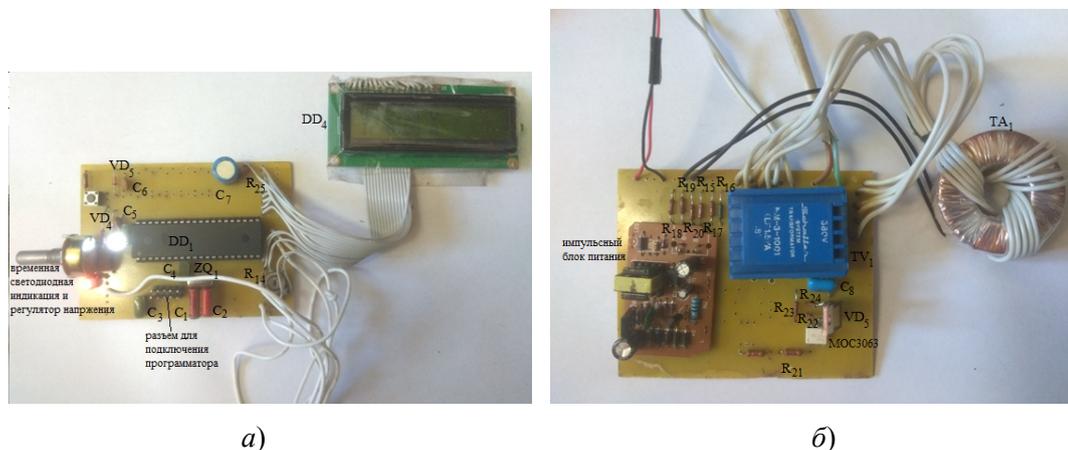


Рис. 2. Внешний печатных плат (а и б) макета электронного автоматического выключателя

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; τ – 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 ρ – 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 $I_{ГОД}$, р.	7342,11	6484,42
Сравнительная цена $C_{СРАВН}$, 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 $K_{з,макс}$. 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 _{ГОД} , р.	6845,66	6251,38
Сравнительная цена Ц _{СРАВН} , 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