

УДК 621.311

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРАНСФОРМАТОРОВ
ПРЕДПРИЯТИЯ «БЕЛОРУССКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ
ЗАВОД»****INVESTIGATION OF THE RELIABILITY OF TRANSFORMERS OF
THE «BELARUSIAN STEEL WORKS»**

Д. В. Телица, С. Ю. Паншин

Научный руководитель – А. Л. Старжинский, к. т. н., доцент
Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Беларусь

D. Tselitsa, S. Panshyn

Supervisor – A. Starzhinsky, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** на сегодняшний день вопрос надежности оборудования стоит достаточно остро, т. к. от этого зависит стабильность и соблюдение технологических режимов различных производств. Расчеты позволяют выявить наиболее уязвимые места и режимы, в случае нештатных ситуаций, а также спрогнозировать предпринимаемые меры по сохранению оборудования в работе и исключить его повреждение.*

***Abstract:** to date, the issue of equipment reliability is quite acute, because stability and compliance with technological regimes of various industries depend on it. Calculations make it possible to identify the most vulnerable places and modes in case of emergency situations, as well as predict the measures taken to keep the equipment in operation and eliminate damage to it.*

***Ключевые слова:** надежность, трансформатор, БМЗ.*

***Keywords:** reliability, transformer, BSW.*

Введение

Белорусский металлургический завод (далее – БМЗ) является одним из флагманов белорусской промышленности. На сегодняшний день на БМЗ функционируют 2 электросталеплавильных цеха, которые оборудованы тремя современными дуговыми электропечами с потребляемой мощностью 60 МВт каждая.

Для соблюдения технологического процесса производства необходимо достижение огромных температур при помощи дуговых электропечей. Соответственно, для достижения температур необходима большая активная мощность, потребляемая из энергосистемы. Особенность скрывается в графиках нагрузки, т. к. при включении печей происходит резкий скачок нагрузки на оборудование (до 200 МВт) и такой же резкий сброс при отключении печей. Предприятие работает круглосуточно, поэтому данная ситуация с энергопотреблением сохраняется постоянно. Это создает определенные сложности для работы энергосистемы, т. к. в разные годовые периоды, в зависимости от суммарной нагрузки и генерации ОЭС Беларуси, нагрузка

БМЗ может достигать до 3–5 % от суммарной по стране, что делает его самым крупным потребителем электроэнергии.

Основная часть

Расчет надежности проведем на примере трансформаторов подстанции Жлобин-330 (рис. 1), на которой установлены 2 трансформатора АТДЦТН-125000/330/110 при помощи программы TOPAS. Необходимо также составить расчетную схему (рис. 2) и пронумеровать ее элементы в соответствии с программой [1].

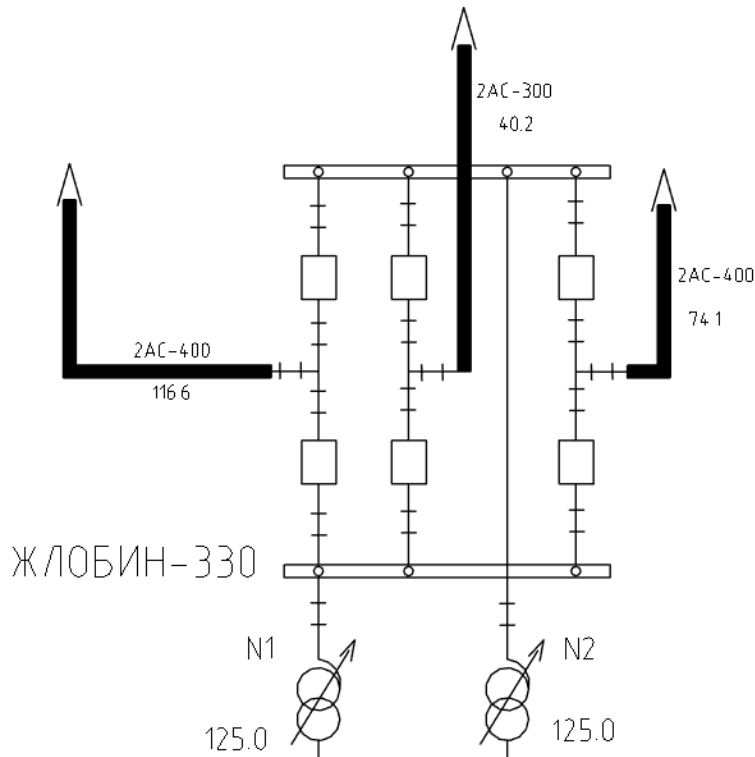


Рисунок 1 – Схема ПС «Жлобин – 330»

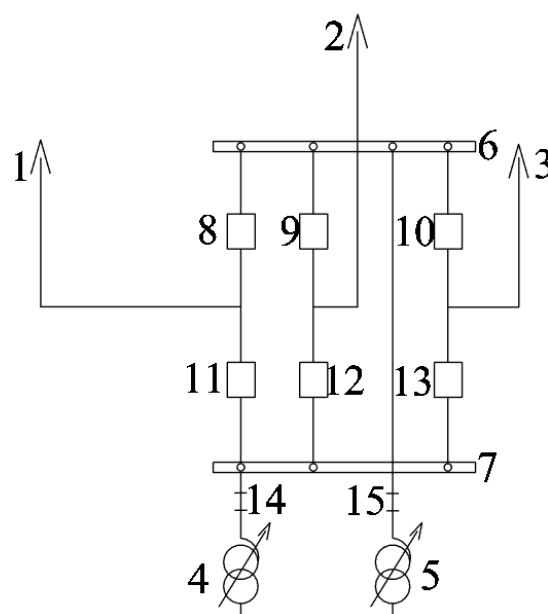


Рисунок 2 – Расчетная схема ПС «Жлобин – 330»:
1,2,3 – линии; 4,5, – автотрансформаторы; 6,7 – сборные шины

Далее необходимо составить матрицу связей узлов с ветвями. При составлении будем следовать логике, согласно которой каждой ветви расчетной схемы ставятся в соответствие два примыкающих к ней узла в порядке увеличения их номеров (табл.1).

Таблица 1 – Матрица связей узлов с ветвями

Номер КА	8	9	10	11	12	13	14	15
1-й узел	1	2	3	1	2	3	4	5
2-й узел	6	6	6	7	7	7	7	6

Для расчета надежности в программном комплексе TOPAS необходимо задаться исходными данными по каждой группе элементов. Показатели надежности автотрансформаторов были получены по запросу от предприятия (табл. 2)

Таблица 2 – Показатели надежности оборудования

Элементы схемы	Частота от-каза 1/год	Время п-авар восст., ч	Частота план-го рем-та, ч	Длител. план-го рем-та, ч
Линия 330 кВ дли-ной 116,6 км	0,10494	4,9	0,3	14,1
Линия 330 кВ дли-ной 40,2 км	0,03618	4,9	0,3	14,1
Линия 330 кВ дли-ной 74,1 км	0,06669	4,9	0,3	14,1
Сборные шины 330кВ	0,00395	0,5	0,5	9
Автотрансформа-торы	0,04	45	0,5	9,5
Выключатели	0,02	48	0,2	90

Используя исходные данные получим результат расчета надежности схемы по отключаемым автотрансформаторам и их количеству (табл. 3).

Таблица 3 – Результат расчета надежности

Код аварии	Суммарная частота, 1/год	Среднее время восст. , ч
2АТ 3Л	0,0288	16,22
1АТ 1Л	0,486	21,6

Коэффициент неготовности вычисляется по формуле 1 [2]:

$$K_{\text{н}} = \frac{T(k)\lambda}{8760},$$

Отключены 1АТ 1Л:

$$K_{\text{н}} = \frac{T(k)\lambda}{8760} = \frac{0,486 \cdot 21,6}{8760} = 13,65 \cdot 10^{-4}$$

Отключены 2АТ 3Л:

$$K_{\text{н}} = \frac{T(k)\lambda}{8760} = \frac{0,0288 \cdot 16,22}{8760} = 53,33 \cdot 10^{-6}$$

Заключение

Выполнив расчеты, можем сделать несколько выводов. Вероятность отключения всех трансформаторов и питающих линий, т. е. погашения подстанции, довольно большая, по сравнению с трансформаторными подстанциями, которые имеют более равномерную и постоянную нагрузку без резких изменений. Это обусловлено специфическим графиком нагрузки предприятия. На данный момент существуют различные методы по повышению надежности оборудования, такие как меры по усилению охлаждения автотрансформаторов, внедрение актуальных методов контроля изоляции, снижение времени восстановления после аварий и др.

Помимо вопросов надежности оборудования при таких графиках нагрузки, стоит обратить внимание и на вопрос сохранения устойчивости, а также функционирования предприятия в целом при «развале» энергосистемы на части, в случае потери генерации или аварийных отключениях системных ЛЭП. На этот случай на предприятии установлены собственные генераторные мощности и устройства автоматического ввода резерва [3].

Белорусский металлургический завод – это большое и сложное, с инженерной точки зрения, предприятие, функционирование которого напрямую влияет на все сферы деятельности государства от энергетики до экономики. В связи с тем, что это самый большой и главный потребитель электрической энергии в Беларуси, за ним требуется постоянный контроль, во избежание его остановки.

Литература

1. Волков, Н. Г. Исследование надежности систем электроснабжения предприятий : методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Надежность электроснабжения» для студентов V курса, обучающихся по специальности 140211 «Электроснабжение» направления 140200 «Электроэнергетика» / Н. Г. Волков, А. А. Сивков. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 23 с.
2. Шеметов, А. Н. Надежность электроснабжения : учебное пособие для студентов специальности 140211 «Электроснабжение». – Магнитогорск : ГОУ ВПО «МГТУ им. Г. И. Носова», 2006. – 138 с.
3. Старжинский, А. Л. Определение показателей надежности схем электрических соединений подстанций / А. Л. Старжинский // Наука – образованию, производству, экономике : материалы Десятой международной научно-технической конференции : в 4 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: Б. М. Хрусталева, Ф. А. Романюк, А. С. Калининиченко. – Минск : БНТУ, 2012. – Т. 1 – С. 32.