ICS 点击此处添加ICS号

点击此处添加中国标准文献分类号

|  |
| --- |
|  |

团体标准

T/××× ××××—××××

|  |
| --- |
|  |

配电网节能改造项目效益提升计算导则

Guidelines for benefit enhancement calculation of the energy saving renovation projects of distribution networks

|  |
| --- |
| 征求意见稿 |
|  |

×××× - ×× - ××发布

×××× - ×× - ××实施

中国能源研究会 发布

目  录

[前  言 V](#_Toc3411)

[引  言 VI](#_Toc28668)

[1 范围 7](#_Toc29606)

[2 规范性引用文件 7](#_Toc24110)

[3 术语和定义 7](#_Toc5300)

[4 测量流程和验证流程 11](#_Toc19127)

[5 节能项目边界 11](#_Toc10269)

[5.1 变压器更换 11](#_Toc11532)

[5.2 导线截面改造 12](#_Toc13456)

[5.3 增设并联无功补偿装置 12](#_Toc20993)

[5.4 电网优化运行 14](#_Toc14566)

[5.5 线路增容改造 14](#_Toc29949)

[6 节电量测量与验证及其效益 15](#_Toc8983)

[6.1 变压器更换 15](#_Toc5018)

[6.2 导线截面改造 16](#_Toc11215)

[6.3 增设并联无功补偿装置 17](#_Toc22374)

[6.4 电网优化运行 19](#_Toc9132)

[6.5 节电量效益 22](#_Toc3755)

[7 增供电量及其效益 22](#_Toc26476)

[7.1 变压器增供电量计算 22](#_Toc13407)

[7.2 线路增容改造增供电量计算 24](#_Toc6806)

[7.3 增供电量效益 25](#_Toc18604)

[8 供电可靠性及其效益计算 25](#_Toc1126)

[8.1 用户平均停电时间减少计算 25](#_Toc1719)

[8.2 系统停电等效小时减少计算 26](#_Toc2297)

[8.3 可靠性效益计算 26](#_Toc10629)

[9 综合线损率降低计算 27](#_Toc18710)

[9.1 基于实际供电量折算理论线损率降低计算 27](#_Toc16695)

[9.2 综合线损率计算 27](#_Toc1285)

[10 二氧化碳减排量计算 28](#_Toc850)

[10.1 变压器更换 28](#_Toc4395)

[10.2 增设并联无功补偿装置 28](#_Toc622)

[10.3 电网优化运行 29](#_Toc26414)

[附　录　A （资料性） 相关附表 31](#_Toc13447)

[附　录　B （资料性） 案例计算 32](#_Toc10783)

[B.1 变压器更换计算案例 32](#_Toc32540)

[B.1.1 双绕组变压器节电量计算 32](#_Toc13001)

[B.1.2 三绕组变压器节电量计算 32](#_Toc17416)

[B.2 导线截面节电量计算案例 33](#_Toc32487)

[B.3 增设无功补偿装置节电量计算案例 33](#_Toc26659)

[B.3.1 运容量法 33](#_Toc28121)

[B.3.2 功率因数法 33](#_Toc11174)

[B.4 电网优化运行节电量计算案例 33](#_Toc3042)

[B.4.1 电网运行电压调整 33](#_Toc19189)

[B.4.2 变压器负载系数调整 34](#_Toc10329)

[B.4.3 配电台区低压三相负荷平衡调整 34](#_Toc21121)

[B.4.4 环网开环运行 35](#_Toc5759)

[B.5 变压器增供电量效益计算案例 36](#_Toc9943)

[B.6 线路增容改造增供效益计算案例 36](#_Toc13773)

[B.7 供电可靠性效益计算案例 36](#_Toc2590)

[B.8 综合线损率降低计算案例 37](#_Toc1535)

[B.8.1 基于实际供电量折算理论线损率降低计算 38](#_Toc29329)

[B.8.2 综合线损率降低计算 38](#_Toc27686)

[B.9 二氧化碳减排量计算案例 38](#_Toc25017)

[B.9.1 变压器更换 38](#_Toc14717)

[B.9.2 增设并联无功补偿装置 38](#_Toc10858)

[B.9.3 电网优化运行 38](#_Toc18918)

[参考文献 40](#_Toc17372)

前  言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则编制。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国能源研究会提出。

本文件由综合能源专委会归口。

本文件起草单位：国网综合能源服务集团有限公司、国网电力科学研究院武汉能效测评有限公司、武汉大学、许继集团有限公司 。

本文件主要起草人：XXX、XXX。

本文件首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国能源研究会（北京市西城区三里河路54号469室，100045）。

引  言

更换变压器、导线截面改造、增设无功补偿装置和电网优化运行是电力系统尤其是配电网节能降损的重要手段，大多数配电网改造项目均涉及到以上内容。针对目前配电网改造项目，仅有配电网节能改造引起的节能量的测量与验证方法，无法全面综合评估该技术手段的经济性。配电网运行管理单位、配电网改造单位和规划设计单位均迫切要求给出全面的节能技术手段经济性评估指标，同时给出具有可操作性的指标计算或测算方法，亟须制定使用范围广、通用性强、评价维度全面的评估导则。为满足生产实际对该标准应用的需要，准确、全面、有效评估配电网改造提升项目所具有的经济性，有必要制定《配电网节能改造项目效益提升计算导则》，以利于指导配电网改造工作。

本文件依据现有标准并考虑最新发展趋势，设计了增供电量、平均停电时间减少、综合线损率减少、二氧化碳减排等指标。增供电量/负荷和平均停电时间减少可从正常运行和故障停电两方面，面向负荷供电评估变压器更换的经济性，而综合线损率减少则面向配电网运行评估变压器更换的经济性，二氧化碳减排则进一步顺应“碳达峰、碳中和”的发展趋势，具有一定前瞻性。

配电网节能改造项目效益提升计算导则

1. 范围

本文件规定了变压器更换、增设无功补偿装置和电网运行优化改造项目后节能测量与验证的基本方法，以及项目改造后引起的多方面效益计算方法。

本文件适用于10kV及以下配电网改造项目实施节能和效益的计算，指导能效等级提升、功率因数改善和运行效率提高等项目改造的规划设计以及项目改造后节能效益的评估。

1. 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 13462—2008 电力变压器经济运行

GB/T 36573—2018 电力线路升压运行节约电力电量测量和验证技术规范

GB/T 36571—2018 并联无功补偿节约电力电量测量和验证技术规范

GB/T 13234—2018 用能单位节能量计算方法

DL/T 256—2012 城市电网供电安全标准

DL/T 686—2018 电力网电能损耗计算导则

DL/T 836—2012 供电系统用户供电可靠性评价规程术语和定义

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。



基期 **baseline period**

项目实施前，用于确定更换项目能耗基准的时间段。

[**来源：**GB/T 13234-2018，定义3.5]



统计报告期 **reporting period**

用于项目节电力电量的时间段。

[**来源：**GB/T 13234-2018，定义3.6]



能耗基准 **energy consumption baseline**

基期内，用能单位或用能设备、环节的能源消耗数量。

[**来源：**GB/T 13234-2018，定义3.7，有删改]



项目边界 **boundaries of project**

确定项目节能措施影响的用能设备或系统的范围和地理位置界限。

[**来源：**GB/T 13234-2018 用能单位节能量计算方法，定义3.4，有删改]



并联无功补偿装置 **parallel reactive power compensation equipment**

安装于变电站、配电变压器、电动机等母线侧用于校正功率因数的装置，以此降低功率传输过程中

的电流值，减少电能损耗。

[**来源：GB/T 36571-2018，定义3.9，有删改**]



变压器经济运行 **economical operation of transformers**

在确保安全可靠运行及满足供电量需求的基础之上，通过对变压器进行合理配置，对变压器运行方式进行优化选择，对变压器负载实施经济调整，从而最大限度地降低变压器的电能损耗。

[**来源：**GB/T 13462—2008 ，定义3.1]



平均负载系数  **average load factor**

一定时间内，变压器平均输出的视在功率与变压器额定容量之比。

[**来源：**GB/T 13462—2008 ，定义3.5]



台区增供电量 **increased power supply in the station area**

某台区因配电变压器增容改造项目所带来的台区最大供电能力增加，台区配电变压器能够承担的负荷增多，由台区配电变压器多承担的负荷所增加的外供电量为台区增供电量。



改造项目台区群增供电量 **reconstruction project to increase power supply**

某台区配电变压器增容改造项目涉及的所有台区因配电变压器增容改造项目所带来的台区最大供电能力增加，台区配电变压器能够承担的负荷增多，由台区配电变压器多承担的负荷所增加的外供电量为改造项目台区群增供电量。



供电状态 **power status**

用户随时可从供电系统获得所需电能的状态。

[**来源：**DL/T 836—2012 ，定义2.7.1]



停电状态 **power outage**

用户不能从供电系统获得所需电能的状态，包括与供电系统失去电的联系和未失去电的联系。

注：对用户的不拉闸限电，视为等效停电状态。自动重合闸重合成功或备用电源自动投入成功，不应视为对用户停电。

[**来源：**DL/T 836—2012 ，定义2.7.2]



故障停电 **power failure**

供电系统无论何种原因未能按规定程序向调度提出申请并在6h（或按供电合同要求的时间）前得到批准且通知主要用户的停电。

[**来源：**DL/T 836—2012 ，定义2.8.1]



限电  **blackout**

在电力系统计划的运行方式下，根据电力的供求关系，对于求大于供的部分进行限量的供应。

[**来源：**DL/T 836—2012 ，定义2.8.2.3]



停电持续时间 **outage duration**

供电系统由停止对用户供电到恢复供电的时间段，单位：h。

[**来源：**DL/T 836—2012 ，定义2.8.3]



线损电量  **line loss power**

简称线损，电能从发电厂传输到用户过程中，在输电、变电、配电和售电各环节中所产生的电能损耗，可分为统计线损、理论线损、管理线损等。

[**来源：**DL/T 686-2018，定义3.5]



供电量  **power supply**

向电网供应的电能总和，即本网上网（含分布式电源等）电量加上自其他电网（上、下级电网及邻网）净输入电量。

[**来源：**DL/T 686-2018，定义3.4]



线损率  **line loss rate**

电力网络中损耗的电能与供电量的百分比，它用来考核电力系统运行的经济性，可分为统计线损率、理论线损率、管理线损率。

[**来源：**DL/T 686-2018，定义3.5，定义3.6，有删改]



线损理论计算 **theoretical calculation of line loss**

根据电网设备参数、运行方式、潮流分布及负荷情况，应用现有的定律、定律及规律对电网及其耗能元件进行的线损理论计算。

[**来源：**DL/T 686-2018 ，定义3.7，有删改]



配电网无功补偿 **reactive power compensation in distribution network**

调节配电网无功功率供需平衡的措施。用以改善配电网的无功分布，提高电网的功率因数、改善电压质量、减少或消除配电网的电压波动或畸变、支撑枢纽点的电压、增大配电网的供电能力。配电网无功补偿可以采用并联补偿和串联补偿两种方式。



线路改造增供电量 **line transformation increases supply**

因某线路改造项目所带来的线路额定供电容量增加，线路由此能够承担的负荷增多，由线路多承担的负荷所增加的外供电量为线路增供电量。

1. 测量流程和验证流程

项目各项指标测量和验证的工作程序如下：

a) 划定各项指标对应项目边界及条件；

b) 确定项目各项指标的测量和验证方法；

c) 编制测量和计算方案；

d) 设计、安装、调试测量和计算方案所需的专业测试设备；

e) 按测量和计算方案要求，收集设备参数及有关运行参数，并加以分析、记录；

f) 计算项目各项指标，并根据需要进行修正，编写项目增供电量计算报告。；

1. 节能项目边界
   1. 变压器更换
      1. 节电量计算项目边界

变压器更换节电力电量仅指更换前后变压器本体损耗减少而节约的电力电量，仅考虑空载损耗

（铁耗）和负载损耗（铜耗）。

* + 1. 配电变压器增容增供电量/负荷项目边界

配电变压器更换增供电量/负荷项目的边界是：单一台区改造项目，项目边界界定为改造配电变压器本体及其所带低压配电网，不涉及其他台区；多台区改造项目，一般项目边界界定为多个单一台区改造项目的集合，特殊情况下（多个单一台区供电区域连成片时）按供电片区划定。

* + 1. 减排计算项目边界

变压器更换减排计算项目边界是在计入期内实施变压器替代的项目活动所在的地理范围。边界包括项目活动所在地所属的电力系统（或电网）。

包含在项目边界内或排除在项目边界外的温室气体如表1所示。

表**1** 项目边界内包含及不包含的排放源

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 排放源 | | 气体类型 | 是否包括 | 理由/说明 |
| 基准线 | 电网中的化石  燃料电厂 | CO2 | 是 | 如果安装了基准线情景的变压器，则需考虑化石燃料电厂产生的排放 |
| CH4 | 否 | 为简化考虑，予以排除 |
| N2O | 否 | 为简化考虑，予以排除 |
| 项目活动 | 电网中的化石  燃料电厂 | CO2 | 是 | 如果安装了基准线情景的变压器，则需考虑化石燃料电厂产生的排放 |
| CH4 | 否 | 为简化考虑，予以排除 |
| N2O | 否 | 为简化考虑，予以排除 |

* 1. 导线截面改造
     1. 项目边界

线路导线截面的边界：单一导线截面改造项目，项目边界确定为改造本体，不涉及其他线路；多导线截面改造项目，项目边界确定为多个单一导线截面改造项目的集合。

* + 1. 减排项目边界

项目边界的空间范围包含线路导线的起点与终点之间的部分，起点之前和终点之后的输配电系统不是项目边界的一部分。

包含在项目边界内或排除在项目边界外的温室气体如表2所示。

表**2** 项目边界内包含及不包含的排放源

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 排放源 | | 气体类型 | 是否包括 | 理由/说明 |
| 基准线 | 基准线情景下的电力线路 | CO2 | 是 | 主要排放源 |
| CH4 | 否 | 为简化考虑，予以排除 |
| N2O | 否 | 为简化考虑，予以排除 |
| 项目活动 | 项目情景下的电力线路 | CO2 | 是 | 主要排放源 |
| CH4 | 否 | 为简化考虑，予以排除 |
| N2O | 否 | 为简化考虑，予以排除 |

* 1. 增设并联无功补偿装置
     1. 项目边界

当电力网中某一点增加无功补偿容量后，则从该点至上级无功电源点所有串接的线路及变压器中的无功潮流都将减少，从而使该点以前串接元件中的电能损耗减少。

* + 1. 减排项目边界

项目边界的空间范围包括实施项目活动的一个或多个配电台区以及与之直接相连的同电压等级进站配电线路。其中一个配电台区以及与之直接相连的进站线路在本文件中称为一个项目活动单元。

项目情景下，与无功补偿装置所在变电站直接相连接的同电压等级进站配电线路也是一个项目活动单元边界的一部分。一个项目活动单元所在变电站出站线路以及和进站线路远端相连其他变电站将不是该项目活动单元的一部分。

下图中虚线表示一个项目活动单元边界的物理描述。



图**1** 基准线情景下一个项目活动单元的边界



图**2** 项目情景下的一个项目活动单元的边界

包含在项目边界内或排除在项目边界外的温室气体如表3所示。

表**3** 项目边界内包含及不包含的排放源

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 排放源 | | 气体类型 | 是否包括 | 理由/说明 |
| 基准线 | 基准线情景中识别的  线路损耗 | CO2 | 是 | 主要排放源 |
| CH4 | 否 | 次要排放源，简化排除 |
| N2O | 否 | 次要排放源，简化排除 |
| 项目活动 | 项目情景中识别的  线路损耗 | CO2 | 是 | 主要排放源 |
| CH4 | 否 | 次要排放源，简化排除 |
| N2O | 否 | 次要排放源，简化排除 |

* 1. 电网优化运行
     1. 项目边界

本文件涉及的电网运行优化方式包含三种：变压器经济运行、环网开环运行和电压调节，这三种运行优化项目的边界分别为：

a) 变压器经济运行的项目边界包含且只包含参与运行方式调节变压器的本体损耗；

b) 环网开环运行项目边界包含且只包含被开环运行的电网；

c) 电压调节项目边界包含且只包含被调电压等级的电网。

* + 1. 减排计算项目边界

电网优化运行减排项目边界是：受电网优化运行改造影响的线路和线路上所连接的所有输变电原件设备。

* 1. 线路增容改造
     1. 项目边界

边界划分为送端线路隔离开关（不包括线路隔离开关）至受端线路隔离开关间（不包括线路隔离开关）的输电导线，不考虑线路变压器的增容改造。

* + 1. 增供电量项目边界

线路增容改造增供电量/负荷项目的边界：单一线路增容改造项目，项目边界确定为改造本体及其所带低压配电网，不涉及其他线路；多线路增容改造项目，项目边界确定为多个单一线路增容改造项目的集合。

* + 1. 减排项目边界

项目边界的空间范围包含使用节能导线或电缆的电力线路，线路的起点之前和终点之后的输配电系统不是项目边界的一部分。

包含在项目边界内或排除在项目边界外的温室气体如表3所示。

表**4** 项目边界内包含及不包含的排放源

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 排放源 | | 气体类型 | 是否包括 | 理由/说明 |
| 基准线 | 基准线情景下的电力线路 | CO2 | 是 | 主要排放源 |
| CH4 | 否 | 为简化考虑，予以排除 |
| N2O | 否 | 为简化考虑，予以排除 |
| 项目活动 | 项目情景下的电力线路 | CO2 | 是 | 主要排放源 |
| CH4 | 否 | 为简化考虑，予以排除 |
| N2O | 否 | 为简化考虑，予以排除 |

1. 节电量测量与验证及其效益
   1. 变压器更换
      1. 概述

通过更换节能型变压器、增容改造等措施降低变压器损耗。

* + 1. 计算假设前提

变压器改造的节电量计算假设前提为计算期网架结构、运行方式及负荷不变。

* + 1. 计算公式
       1. 根据DL/T 686—2018中4.3规定，双绕组变压器改造的节电量应按照式（1）和式（2）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |
|  | (2) |

式中：

——双绕组变压器电能损耗，kWh；

——变压器空载损耗，kW；

——平均电压，kV；

——变压器的分接头电压，kV；

——变压器运行时间，h；

——变压器额定负载损耗，kW；

——负载侧均方根电流，A；

——负载侧额定电流，A；

——更换变压器的节电量，kWh；

——改造前变压器电能损耗，kWh；

——改造后变压器电能损耗，kWh。

* + - 1. 根据DL/T 686—2018中4.3规定，三绕组变压器改造的节电量应按照式（3）和式（4）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |
|  | (4) |

式中：

——三绕组变压器电能损耗，kWh；

——变压器高、中、低压绕组的额定负载损耗，由变压器高—中压、高—低压、中—低压绕组的短路损耗换算得到，kW；

——变压器高、中、低压绕组的均方根电流值，A；

——变压器高、中、低压绕组的额定电流，A；

其他符号同式（1）、式（2）。

* + - 1. 对于自耦变压器，其电能损耗的计算与三绕组变压器相同，可按式（3）和式（4）进行计算。
    1. 数据来源

变压器改造的节电量计算数据来源如下：

a）变压器空载损耗、额定负载损耗、额定电流来自变压器设备铭牌或台帐，其中三绕组变压器高、中、低压绕组的额定负载损耗可参照DL/T 686—2018中C3.3.1进行换算；

b）变压器的均方根电流可选取平均电流进行近似计算；平均电流可来源于调度自动化系统或用采系统等；当进行节电量预估时，改造后的平均电流可根据基准期平均电流及改前改后容量进行换算。；当进行节电量验证时，改造后的平均电流应按照实时监测或现场测量值进行计算；

c）平均电压、变压器的分接头电压可来源于调度自动化统或用采系统等。

* 1. 导线截面改造
     1. 概述

通过更换大截面导线减小线路单位长度电阻，进而降低输电线路损耗。

* + 1. 计算假设前提

导线截面改造的节电量计算假设前提如下：

1. 计算期网架结构、运行方式及负荷不变；
2. 忽略导线截面改造后的电晕损耗变化；
3. 忽略温度对导线电阻的影响。
   * 1. 计算公式

电力线路截面增加后的节电量按照式（5）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

式中：

——线路截面改造后的节电量，kWh；

——改造后线路的均方根电流，A；

——改造前导线单位长度电阻，Ω/km；

——改造后导线单位长度电阻，Ω/km；

——导线长度，km；

——线路运行时间，h；

* + 1. 数据来源

导线截面改造的节电量计算数据来源如下：

1. 线路的均方根电流可选取线路平均电流进行近似计算：平均电流可来源于调度自动化系统或用采系统等；当及逆行节电量预估时，线路截面改造后的平均电流可取改造前电流值；当进行节电量验证时，线路截面改造后的平均电流应按照实时检测或现场测量值进行计算；
2. 导线单位长度电阻*r*可来源于线路参考测试，或参考《电力工程高压送电线路涉及手册 第二版》（表2-1-2~表2-1-4）、《工业与民用供配电涉及手册 第四版》（表9.4-12~表9.4-22）等设计手册查询获取；
3. 导线长度*L*来源于线路台账或线路设计资料。
   1. 增设并联无功补偿装置
      1. 概述

当电网中某一点投入适当的无功补偿容量，且投入容量不超过该点的无功负荷需求，则从该点至电源点所有串联的线路、变压器的无功潮流都将减少，从而使该点以前串接元件的电能损耗减少。

* + 1. 计算假设前提

增加无功补偿装置的节电量计算假设前提如下：

a）同种工况计算期内网架结构、运行方式及负荷不变；

b）为了简化计算，串接元件只考虑到上一级电压母线。

* + 1. 计算公式
       1. 投运容量节电量计算法
          1. 根据Q/GDW 11036—2013中6.1规定，采用并联电力电容器、电抗器补偿装置时，节电量应按照式（6）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

式中：

——采取无功补偿措施后的降损电量，kWh；

*n*——计算期划分的工况时段数；

*i*——工况时段序号；

——计算期第*i*种工况时段无功补偿投入的容量，kvar；

——计算期第*i*种工况时段，补偿点以前（一般至上一级母线电压处）无功潮流流经的各串接元件的无功经济当量的总和；

——无功补偿装置损耗率，由厂家提供。如补偿装置为电容器，则为电容器介质损耗角正切值；如补偿装置为电抗器，则为电抗器补偿装置额定损耗占额定补偿容量的比率；

——计算期第*i*种工况时段无功补偿设备的运行时间，h。

也可以根据最大负荷损耗小时数，按照式（7）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

式中：

——计算期内无功补偿装置最大投入容量，kvar；

——补偿点以前（一般至上一级母线电压处）无功潮流流经的各串接元件的无功经济当量总和；

——最大负荷损耗小时数，h。，与最大负荷利用小时数和线路传输功率因数有关，具体数据可查阅附表A.3与附表A.4；

其他符号同式（6）。

* + - * 1. 根据GB/T 36571—2018中5.3规定，采用其他无功补偿装置时，节电量应按照式（8）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

式中：

——无功补偿装置总损耗占额定补偿容量的比率，由厂家提供，其中SVC取0.8%；

——计算期第*i*种工况时段无功补偿投入的容量，kvar；

——无功补偿装置的运行时间，h；

其他符号同式（6）。

也可以根据最大负荷损耗小时数，按照式（9）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

式中符号同式（7）、式（8）。

* + - 1. 功率因数节电量计算法
         1. 采用并联电力电容器、电抗器补偿装置时，无功补偿装置功率因数节电量计算法应按照式（10）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |

式中：

——计算期内线路供电电量，kWh；

——补偿前线路负荷功率因数；

——补偿后线路负荷功率因数；

其他符号同式（7）。

* + - * 1. 采用其他无功补偿装置时，节电量应按照式（11）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |

式中符号同式（8）、式（10）。

* + 1. 数据来源

增设无功补偿装置的节电量计算数据来源如下：

a）计算期内工况数量、持续时段及各种工况运行时段无功补偿装置投入的容量可通过调度自动化统或用采系统查询；

b）电力电容器无功补偿装置介质损耗角正切值可参照附录A中表A.1选取，也可通过电气试验获取；电力电抗器损耗率*K*可由厂家提供；

c）无功经济当量可根据无功补偿所处位置，参照附录A中表A.1选取，工程计算一般取表中区间的平均值；

d）计算期内无功补偿装置最大投入容量可通过调度自动化统或用采系统查询；当无功补偿装置配置容量不超过该点的无功负荷需求时，可取为无功补偿装置额定容量，通过设备铭牌或台账查询；

e）年最大负荷损耗小时数可先参照附录A中表A.3根据用户类型加权获得年最大负荷利用小时数，再根据线路传输功率因数从表A.4对应获取；

f）静止无功补偿装置(SVC)损耗率、可按照0.8%计算；

g）无功补偿装置额定容量可通过设备铭牌或台账查询；

h）计算期内线路供电量可通过同期线损系统或用采系统获取；

i）补偿前后线路负荷功率因数可通过调度自动化统或用采系统查询；当进行节电量预估时，补偿后的功率因数宜取0.95；当进行节电量验证时，补偿后的功率因数应按实时监测或现场测量值进行计算。

* 1. 电网优化运行
     1. 电网运行电压调整
        1. 概述

通过采取调整变压器分接头，投切无功补偿设备等调压措施，在保证电能质量的基础上对电压作调小幅度的调整，实现技术降损。

* + - 1. 计算假设前提

电网运行电压调整的节电量计算假设前提如下：

a）计算期网架结构及负荷不变；

b）为了简化计算，仅考虑调压措施对下一级母线电压的影响。

* + - 1. 计算公式

当电网可变损耗（包括铜损）占主导时，提高电压运行有利于降损。当电网固定损耗（铁损）占主导时，降低电压运行有利于降损。

根据DL/T 686—2018中G4.1规定，调整电压后节电量应按照式（12）和式（13）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (12) |
|  | (13) |

式中：

——调节电网运行电压后的节电量，kWh；

——调节电压前被调电网的可变损耗电量、固定损耗电量，kWh；

——电压提高率，%；

——调压前、调压后的母线电压，kV。

* + - 1. 数据来源

电网运行电压调整的节电量计算数据来源如下：

a）电网调整前后的运行电压可来源于调度自动化统或用采系统等；当进行节电量验证时，调整后的运行电压应按实时监测或现场测量值进行计算；

b）被调电网的可变损耗（铜损）电量、固定损耗（铁损）电量，可以从理论线损在线计算系统或者理论线损计算报表中获得。

* + 1. 变压器负载系数调整
       1. 概述

通过对变压器负载系数实施经济调整，降低变压器的电能损耗。

* + - 1. 计算假设前提

电网运行电压调整的节电量计算假设前提为计算期网架结构及负荷不变。

* + - 1. 计算公式

根据DL/T 686—2018中G7.1规定，变压器固有一个经济负载系数。当变压器运行负载系数区间小于时，提高平均负载系数有利于降损；当变压器运行 负载系数区间大于时，降低平均负载系数有利于降损。节电量应按照式（14）和式（15）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (14) |
|  | (15) |

式中：

——改变平均负载后的节电量，kWh；

——形状系数，为均方根电流与平均电流的比值；

——改变变压器负载前、后的平均负载系数；

——变压器的额定负载损耗，kW；

——运行时间，h。

* + - 1. 数据来源

变压器负载系数调整的节电量计算数据来源如下：

a）变压器的额定负载损耗来源于变压器设备铭牌或台账；

b）平均负载系数可来源于调度自动化统或用采系统等，也可由变压器平均输出的视在功率与额定容量之比计算获得。

* + 1. 配电台区低压三相负荷平衡调整
       1. 概述

通过对配电台区低压三相负荷的平衡调整，优化各相负荷分配，降低线路与变压器损耗。

* + - 1. 计算假设前提

配电台区低压三相负荷平衡调整的节电量计算假设前提如下：

a）计算期网架结构及负荷不变；

b）三相四线制线路的相线、零线等效电阻相同，各相功率因数相同。

* + - 1. 计算公式
         1. 根据DL/T 686—2018中G8规定，配电台区低压三相负荷平衡调整的线路降损节电量应按照式（16）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (16) |

式中：

——三相负荷平衡调整后的节电量，kWh；

——三相负荷平衡调整前A、B、C三相负荷均方根电流值、中性线电流值，A；

——三相负荷平衡调整后A、B、C三相负荷均方根电流值、中性线电流值，A；

——相导线电阻、中性线电阻，Ω；

——运行时间，h。

* + - * 1. 配电台区低压三相负荷平衡调整的变压器降损节电量应按照式（17）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (17) |

式中：

——变压器绕组等效电阻，Ω；

——变压器零序电流均方根值，A；

——变压器零序电阻，Ω；

其他符号同式（16）。

* + - 1. 数据来源

配电台区低压三相负荷平衡调整的节电量计算数据来源如下：

a）线路三相变压器均方根电流可选取线路平均电流进行近似计算，中性线电流、变压器零序电流均方根值可通过三相平均电流计算获得，三相平均电流可来源于调度自动化统或用采系统等；当进行节电量预估时，可认为调整后的三相平均电流近似相等，即；当进行节电量验证时，三相负荷平衡调整后的平均电流应按实时监测或现场测量值进行计算；

b）相导线电阻、中性线电阻可来源于线路参数测试，或参考《工业与民用供配电设计手册 第四版》（表9.4—12~表9.4—22）等设计手册查询计算获取；

c）变压器绕组等效电阻、变压器零序电阻由厂家提供。

* + 1. 环网开环运行
       1. 概述

对于导线材质、截面及线间几何均距均相同的均一电网，环网运行较为经济。对于非均一电网，环网开环运行可降低电网稳定运行风险与损耗，确定开环点时需使开环后的网络功率分布接近经济功率分布。

* + - 1. 计算假设前提

环网开环运行的节电量计算假设前提如下：

a）计算期网架结构、运行方式及负荷不变；

b）计算对象为材质、截面及线间几何均距均存在差异的电网。

* + - 1. 计算公式

根据DL/T 686—2018中G5.1规定，对于导线材质、截面及线间几何均距均相同的电网，环网运行较为经济。

对于非均一配电网，环网开环运行后的节电量应按照式（18）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (18) |
|  | (19) |

式中：

——环网开环后的节电量，kWh；

——损耗因数；

——环网送端母线的平均电压，kV；

——节点总数；

——线段总数；

——最高负荷时，合环运行各线段的视在功率，kVA；

——最高负荷时，开环运行各线段的视在功率，kVA；

——各段线路的电阻，Ω；

——线路运行时间，h；

——线路的均方根电流，A；

——导线最大允许电流，A。

* + - 1. 数据来源

环网开环运行的节电量计算数据来源如下：

a）环网送端母线的平均电压、合环运行各线段的视在功率、开环运行各线段的视在功率可来源于调度自动化统、用采系统或配电自动化系统；

b）导线电阻可来源于线路参数测试，或参考《工业与民用供配电设计手册 第四版》（表9.4—12~表9.4—22）等设计手册查询计算获取；

c）损耗因数计算数据可来源于调度自动化统、用采系统或配电自动化系统，计算方法可参考DL/T 686—2018中A.4；当进行节电量验证时应按实时监测或现场测量值进行计算。

* 1. 节电量效益

节电量效益计算公式如下：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (20) |

式中：

——节电量效益，元；

——6.1-6.4节中所涉及的节电量；

——相应电压等级平均售电价，元/kWh。

1. 增供电量及其效益
   1. 变压器增供电量计算
      1. 单一台区改造项目增供电量计算公式

单一台区改造项目增供电量计算公式为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (21) |

式中：

——增供电量，kWh；

——工程实施后供电能力，kW；

——工程实施前供电能力，kW；

——经济负载率，项目前评估建议根据台区运行情况合理取值，或取40%经济负载率，项目后评价按照投运后实际运行最大负载率或负载率进行测算；

——最大负荷利用小时数；

* + 1. 多台区改造项目增供电量计算公式
       1. 单个台区增供电量累加法

单个台区增供电量累加法，以每个改造台区为独立核算单元，分别计算每个台区的增供电量，汇总得到供电区域台区群改造的增供电量。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (22) |

式中：

——供电区域台区群增供电量，kWh；

——供电区域增容改造台区总数；

——供电区域内第*i*个台区增供电量，kVA。

* + - 1. 典型台区增供电量比例类推法

典型台区增供电量比例类推法，以典型台区为样本，将其他台区的增供电量比例与典型台区增供比例视作一致，在计算得到典型台区增供电量占比原配变容量比例之后，再按改造前原配变总容量，测算得到全部台区的增供电量。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (23) |

式中：

——供电区域台区群增供电量，kWh；

——供电区域台区群改造前总供电容量，kVA；

——典型台区改造前供电容量，kVA；

——典型台区增供电量，kWh。

* + - 1. 当量台区法

当量台区法，是将改造前所有台区全部视为与典型台区一样，以改造前变压器总容量为限定值，除以典型台区改造前容量，折算出当量台区数，以当量台区数乘以典型台区的增供电量，得到全部台区的增供电量。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (24) |

式中：

——供电区域台区群增供电量，kWh；

——当量台区数（即改造前变压器总容量除以典型台区改造前容量）；

——典型台区增供电量，kWh。

* 1. 线路增容改造增供电量计算

7.2.1 单一线路增容改造项目增供电量计算

单一线路增容改造项目增供电量计算公式为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (25) |

式中：

——增供电量，kWh；

——线路电压等级，kV；

——改造后线路最大载流量，A；

——改造前线路最大载流量，A；

——线路平均功率因数；

——经济负载率，项目前评估建议根据台区运行情况合理取值，或取40%经济负载率，项目后评价按照投运后实际运行最大负载率或负载率进行测算；

——最大负荷利用小时数；

7.2.2 多线路增容改造项目增供电量计算

7.2.2.1 单条线路增供电量累加法

单条线路增供电量累加法，以每条改造线路为独立核算单元，分别计算每条线路的增供电量，汇总得到多条导线扩径项目的增供电量。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (26) |

式中：

——增供电量，kWh；

——供电区域改造线路总数；

——供电区域内第*i*条线路增供电量，kWh。

7.2.2.2 典型线路增供电量比例类推法

典型线路增供电量比例类推法，以典型线路为样本，典型线路的选取应结合改造项目涉及范围内的线路实际情况，综合考虑负荷类型、地区类别等多种因素选取1种或*N*种典型类型的1个或*M*个典型线路，对于同一类型的线路，将其他线路的增供电量比例与典型线路增供比例视作一致，在计算得到典型线路增供电量占比原配变容量比例之后，再按基准期该类型原配变总容量，测算得到该类型线路的增供电量，再汇总求和全部类型线路的增供电量得到全部改造线路的增供电量。

同一类型线路的增供电量：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (27) |

式中：

——第*j*种类型线路总的增供电量，kWh；

——第*j*种类型线路改造前总额定容量，kVA；

——第*j*种线路中典型线路的个数；

——第*j*种类型线路中第*i*个典型线路改造前额定容量，kVA；

——第*j*种类型线路中第*i*个典型线路增供电量，kWh。

全部线路的增供电量：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (28) |

式中：

——全部改造线路的增供电量，kWh；

——全部改造线路的类型种类。

* 1. 增供电量效益

增供电量效益计算公式如下：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (29) |

式中：

——增供电量效益，元；

——7.1、7.2节中所涉及的增供电量；

——购销差价，元/kWh。

1. 供电可靠性及其效益计算
   1. 用户平均停电时间减少计算
      1. 用户平均停电时间

a）用户平均停电时间：用户在统计期间内的平均停电小时数，记作(h/户)。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (30) |

式中：

——用户平均停电时间，h/户；

——第*i*户第*j*次停电时间，h；

——总用户数；

——第*i*户的总停电次数；

——第*j*次停电持续时间，h；

——第*j*次停电用户数。

b）若不计外部影响时，则记作(h/户)。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (31) |
|  | (32) |

式中：

——用户平均停电时间（不计外部影响），h/户；

——用户平均受外部影响停电时间，h；

——第*k*次外部影响停电的持续时间，h；

——第*k*次外部影响停电的用户数。

其他符号同式（24）。

c）若不计系统电源不足限电时,则记作(h/户)。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (33) |
|  | (34) |

式中：

——用户平均停电时间（不计系统电源不足限电），h/户；

——用户平均限电停电时间，h；

——第*k*次限电停电的持续时间，h；

——第*k*次限电停电的用户数。

其他符号同式（24）。

* + 1. 用户平均停电时间减少计算

用户平均停电时间减少计算如下式：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (35) |

式中：

——用户平均停电时间减少量，h/户；

——项目实施前用户平均停电时间，h/户；

——项目实施后用户平均停电时间，h/户。

其中的改造项目分为变压器更换、增设无功补偿装置和电网优化运行改造项目。

* 1. 系统停电等效小时减少计算
     1. 系统停电等效小时数

系统停电等效小时数：在统计期间内，因系统对用户停电的影响折（等效）成全系统（全部用户）停电的等效小时数，记作(h)。

|  |  |
| --- | --- |
|  | (36) |

式中：

——用户平均停电时间减少量，h/户；

——第*i*次停电容量，kVA；

——第*i*次停电时间，h；

——系统供电总容量，kVA。

* + 1. 系统停电等效小时减少计算

系统停电等效小时减少计算如下式：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (37) |

式中：

——系统停电等效小时减少量，h；

——改造项目实施前系统停电等效小时数，h；

——改造项目实施后系统停电等效小时数，h。

其中改造项目分为变压器更换、增设无功补偿装置和电网优化运行改造项目。

* 1. 可靠性效益计算

供电可靠性效益计算如下式：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (38) |

式中：

——可靠性效益，元；

——用户平均停电时间减少量，h/户；

——影响电网范围负荷估计值，kW；

——用户停电损失，元/kWh，建议采用相应电压等级平均售电价。

1. 综合线损率降低计算
   1. 基于实际供电量折算理论线损率降低计算
      1. 基于实际供电量折算理论线损电量及线损率

根据全月供电量及代表日实际供电量，折算出全月的线损及线损率。月线损率应按照式(33)进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (39) |

式中：

——全月线损率；

——全月电网的线损，kWh；

——全月的供电量（包括无损电量），kWh。

全月电网的线损应按照式（38）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (40) |

式中：

——日全网的固定线损，包括变压器空载损耗、并联无功补偿设备、调相机、互感器、计量装置、电缆的介质损耗等电能损耗，kWh；

——日全网的可变线损，包括架空线路、电缆线路的电能损耗、变压器负载损耗、串联补偿设备的电能损耗等，kWh；

——代表日供电量，kWh；

——全月日历天数。

* + 1. 基于实际供电量折算理论线损率降低计算

基于实际供电量折算理论线损率降低计算如下式：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (41) |

式中：

——全月线损率降低量；

——改造项目实施前全月线损率；

——改造项目实施后全月线损率。

其中改造项目具体分为变压器更换、增设无功补偿装置和电网优化运行。

* 1. 综合线损率计算
     1. 10kV及以下电网综合线损率

10kV及以下电网综合线损率计算如式：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (42) |

式中：

——综合线损率；

——10kV电压等级电厂上网电量与其他电压等级转入电量之和；

——10kV及以下售电量与其他电压等级转出电量之和。

* + 1. 10kV及以下电网综合线损率降低计算

10kV及以下电网综合线损率降低量计算如下式：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (43) |

式中：

——10kV及以下电网综合线损率降低量；

——改造项目实施前10kV及以下电网综合线损率；

——改造项目实施后10kV及以下电网综合线损率。

其中改造项目具体分为变压器更换、增设无功补偿装置和电网优化运行。

1. 二氧化碳减排量计算
   1. 变压器更换
      1. 节能计算

变压器更换项目节能计算公式为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (44) |

式中：

——变压器更换项目改造前后在统计报告期的节能，MWh；

——变压器更换项目改造前在基准期的电能损耗（由历史数据获得），MWh；

——变压器更换项目改造后在统计报告期的电能损耗（由计量装置测量获得），MWh。

* + 1. 减排量计算

变压器更换项目减排量计算公式为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (45) |

式中：

——变压器更换项目改造后在统计报告期的减排量，tCO2e;

——变压器更换项目改造后在统计报告期的节能，MWh；

——线路所输送电力的CO2排放因子，tCO2e/MWh。

* 1. 增设并联无功补偿装置
     1. 节能计算

增设并联无功补偿装置项目节能计算公式为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (46) |

式中：

——增设并联无功补偿装置项目改造前后在统计报告期的节能，MWh；

——同一区域项目实施后在统计报告期的供电量（由计量装置测量获得），MWh；

——同一区域项目实施前在基期的供电量（由历史数据获得），MWh。

* + 1. 减排量计算

增设并联无功补偿装置项目减排量计算公式为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (47) |

式中：

——增设并联无功补偿装置项目改造前后在统计报告期的减排量，tCO2e;

——增设并联无功补偿装置项目改造前后在统计报告期的节能，MWh；

——线路所输送电力的CO2排放因子，tCO2e/MWh。

* 1. 电网优化运行
     1. 节能计算

电网优化运行节能计算公式为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (48) |

式中：

——电网优化运行项目改造前后在统计报告期的节能，MWh；

——电网优化运行项目改造前在基准期的电能（由历史数据获得），MWh；

——电网优化运行项目改造后在统计报告期的电能（由计量装置测量获得），MWh。

* + 1. 统计报告期电能的测算

参考图3的示例，说明在电网优化运行项目改造后在统计报告期电能的测量及计算过程。



图**3** 某区域在统计报告期节能量的测量及计算示例图

a) 步骤1：通过计量点0处的电能计量装置测量线路在统计报告期的供出电能。

b) 步骤2：梳理计量点与线路的对应关系．

1) 干线上共有两个分支，即分支线I 和分支线Ⅱ;

2) 分支线I又有分支，即子分支线I-1和子分支线I-2 ;

3) 子分支线I-1又有分支，即子分支线I-1-1和子分支线I-1-2;

4) 干线在统计报告期的供出电能，通过测量点1处的电能计量装置测量；

5) 子分支线I-2在统计报告期的供出电能，通过测量点2处的电能计量装置测量；

6) 子分支线I-1-2在统计报告期的供出电能，通过测量点3处的电能计量装置测量；

7) 子分支线I-1-1在统计报告期的供出电能，通过测量点4处的电能计量装置测量；

8) 分支线Ⅱ的处理方法同分支线I 。

c) 步骤3：分支线I在统计报告期的供出电能是子分支线I-2和子分支线I-1的供出电能之和。其中，子分支线I-1在统计报告期的供出电能是子分支线I-1-1和子分支线I-1-2的供出电能之和。

d) 步骤4：统计报告期的供出电能为分支线I和分支线II的供出电量之和。

e) 步骤5：统计报告期的所有分支和主干线的供出电能之和就为改造后的总电能。

* + 1. 减排量的计算

电网优化运行减排量计算公式为：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (49) |

式中：

——电网优化运行项目改造前后在统计报告期的减排量，tCO2e;

——电网优化运行项目改造前后在统计报告期的节能，MWh；

——线路所输送电力的CO2排放因子，tCO2e/MWh。

1. （资料性）  
   相关附表

常见不同介质电容器的典型介质损耗角正切值见表A.1；无功经济当量取值对照表见表A.2；年最大负荷损耗时间表见表A.3；年最大负荷损耗时间与年最大负荷利用小时数的关系见表A.4。

表**A.1** 常见不同介质电容器的典型介损常数值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 介质 | 二膜一纸 | 全膜 | 三纸二膜 |
| *tgδ* | 0.0008 | 0.0005 | 0.0012 |

表**A.2** 典型无功补偿位置的无功经济当量值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 无功补偿位置 | 发电厂母线直配 | 变电站 | 配电变压器 | 校正前功率因数已达0.9及以上 |
| 无功经济当量值 | 0.02～0.04 | 0.05～0.07 | 0.08～0.10 | 0.02～0.04 |

表**A.3** 年最大负荷损耗时间表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 负荷特性 | 三班制工业用户 | 三班制工业用户或商业用户 | 居民类用电 |
| 年最大负荷损耗小时数(h) | 5000～6000 | 3000～4000 | 1000 |

表**A.4** 年最大负荷损耗时间与年最大负荷利用小时数的关系

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1.00 |
| 2000 | 1500 | 1200 | 1000 | 800 | 700 |
| 2500 | 1700 | 1500 | 1250 | 1100 | 950 |
| 3000 | 2000 | 1800 | 1600 | 1400 | 1250 |
| 3500 | 2350 | 2150 | 2000 | 1800 | 1600 |
| 4000 | 2750 | 2600 | 2400 | 2200 | 2000 |
| 4500 | 3150 | 3000 | 2900 | 2700 | 2500 |
| 5000 | 3600 | 3500 | 3400 | 3200 | 3000 |
| 5500 | 4100 | 4000 | 3950 | 3750 | 3600 |
| 6000 | 4650 | 4600 | 4500 | 4350 | 4200 |
| 6500 | 5250 | 5200 | 5100 | 5000 | 4850 |
| 7000 | 5950 | 5900 | 5800 | 5700 | 5600 |
| 7500 | 6650 | 6600 | 6550 | 6500 | 6400 |
| 8000 | 7400 |  | 7350 |  | 7250 |

1. （资料性）  
   案例计算

B.1 变压器更换计算案例

B.1.1双绕组变压器节电量计算

原变压器型号为S9，空载损耗为0.17kW，额定负载损耗为0.87kW，变压器平均电压与变压器分接头电压相同。改造前变压器负载率，即负载侧的均方根电流值与额定电流之比为1.2。计算期内变压器运行时间为8640h。改造前双绕组变压器电能损耗按照式（B.1）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.1) |

式中符号同式（1）。

此次改造将该变压器更换为S20，空载损耗为0.215kW，额定负载损耗为2.08kW，变压器平均电压与变压器分接头电压相同。改造后变压器负载率，即负载侧的均方根电流值与额定电流之比为0.3。计算期内变压器运行时间为8640h。改造后双绕组变压器电能损耗按照式（B.2）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.2) |

通过本次改造年节电量按照式(B.3)计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.3) |

式中符号同式（2）。

B.1.2 三绕组变压器节电量计算

原变压器为SFSZ9—30000/110，空载损耗为40.5kW，变压器平均电压与变压器分接头电压相同，高、中、低压绕组的额定负载损耗为114.2kW、62.7kW、83.6kW，改造前变压器高、中、低压绕组的均方根电流值与额定电流之比为0.72、0.55、0.36。变压器年运行时间扣除年平均检修时间24h，计算期内为8640h。改造前三绕组变压器电能损耗按照式（B.4）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.4) |

式中符号同式（3）。

此次改造将该变压器更换为SZ11—40000/110，空载损耗为28kW，变压器平均电压与变压器分接头电压相同，变压器高、中、低压绕组的额定负载损耗为102.4kW、58.9kW、71.4kW，改造后变压器高、中、低压绕组的均方根电流值与额定电流之比为0.60、0.46、0.28。改造后三绕组变压器电能损耗按照式（B.5）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.5) |

通过本次改造年节电量按照式(B.6)计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.6) |

式中符号同式（4）。

B.2导线截面节电量计算案例

以某10kV线路为例，改造前导线型号为LGJ—95，导线长度为1.2km，导线单位长度电阻为0.342Ω/km；改造后导线型号为JKLYJ—150，导线长度1.2km，导线单位长度电阻为0.205Ω/km。改造后线路的均方根电流为70.6A。线路年运行时间扣除年平均检修时间24h，计算期内为8640h。通过本次改造年节电量按照式(B.7)计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.7) |

式中符号同式（6）。

B.3增设无功补偿装置节电量计算案例

B.3.1 运容量法

某台区此次改造为台区加装带有无功补偿的低压综合配电箱，配置电容器补偿容量为120kvar，且该容量未超出该点的无功负荷需求，电容器的介质损耗角正切值0.0008，无功经济当量为0.06。

统计年售电量，商业用户占60%，居民用户占40%，则根据表A.3，年度最大负荷损耗小时数=2500

×60%+500×40%=1700h。通过本次改造年节电量按照式（B.8）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.8) |

式中符号同式（7）。

B.3.2 功率因数法

变电站变压器容量为400kVA，年有功电量48.9kWh，补偿容量为120kvar，电容器的介质损耗角正切值0.0008，无功经济当量为0.08。功率因数改造前为0.75，改造后为0.97。通过本次改造年节电量按照式（B.9）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.9) |

式中符号同式（10）。

B.4电网优化运行节电量计算案例

B.4.1 电网运行电压调整

调压前该站110kV系统日可变损耗(铜损)电量、固定损耗(铁损)电量分别为9378.2kWh、2344.5kWh，调整主变分接头后，110kV 母线电压由115.5kV提高至116.875kV，母线电压调整率α为1.2%。通过本次改造该站110kV系统日节电量按照式（B.10）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.10) |

式中符号同式（12）。

根据运行情况的不同，对日节电量分别计算并累加可得年节电量。

B.4.2 变压器负载系数调整

以某10kV变电站为例，变电站运行一台变压器型号SBH15-M-400/10，空载损耗为0.2kW，额定负载损耗为4.3kW，经济负载系数为0.4。改造前变压器的平均负载系数均小于经济负载系数，通过变压器负载系数调整，变压器的平均负载系数分别由0.29提升为0.36，调整前后形状系数为1。通过本次改造日节电量按照式（B.11）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.11) |

式中符号同式（14）。

根据运行情况的不同，对日节电量分别计算并累加可得年节电量。

B.4.3 配电台区低压三相负荷平衡调整



图**B.1** 某配变台区拓扑图

以某配变台区为例，通过装设三相负荷自动换相装置进行三相不平衡治理，线路电缆型号为NLYV—50地埋线缆，配电变压器为Dyn11接线，共有2个负荷节点，台区拓扑图如图B.1所示。治理前，配变出口电流为A相：198.40A；B相：352.21A；C相：360.54A；治理后，配变出口三相电流大小分别为A相：308.96A；B相：289.54A；C相：342.25A。变压器绕组等效电阻为57.56Ω，变压器零序电阻为52.3Ω，变压器零序电流均方根值为55.21A。假设三相功率因数为1。通过本次改造变压器日节电量按照式（B.12）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.12) |

式中符号同式（16）。

根据运行情况的不同，对日节电量分别计算并累加可得年节电量。

B.4.4 环网开环运行



图**B.2** 最大负荷时线路各点的视在功率分布

10kVAA 线与10kVBB线的线路接线方式如图B.2所示，前者为环网运行，后者为开环运行。选择点2作为开环点，开环后点2运行在AA线。开环前后各线段视在功率分布如表B.3所示。损耗因数取0.8，环网送端母线平均电压取10kV，运行时间取典型日24h，通过本次改造日节电量按照式（B.13）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.13) |

式中符号同式（18）。

根据运行情况的不同，对日节电量分别计算并累加可得年节电量。

表**B.1** 各线段视在功率分布

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 线段 | 线路长度km | 线路电阻Ω | 合环运行各线段的视在功率kVA | 开环运行各线段的视在功率kVA |
| 1 | 1 | 0.0855 | 430 | 716 |
| 2 | 2 | 0.1696 | 65 | 351 |
| 3 | 1.5 | 0.1212 | 286 | 0 |
| 4 | 1 | 0.1520 | 686 | 400 |

B.5 变压器增供电量效益计算案例

计算期内某变压器增容改造后的增容量为200kVA，功率因数为0.95，变压器最大负荷利用小时数为2880h，线路经济负载率为0.4。通过本次改造的增供电量按照式（B.14）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.14) |

式中符号同式（21）。

购销差价为0.1256元/kWh，通过本次改造的增供电量效益按照式（B.15）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.15) |

式中符号同式（29）。

B.6 线路增容改造增供效益计算案例

计算期内某线路增容改造后导线载流量由77A提升至100A，功率因数为0.95，线路最大负荷利用小时数为8760h，线路经济负载率为0.4。通过本次改造的增供电量按照式（B.14）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.14) |

式中符号同式（25）。

购销差价为0.1256元/kWh，通过本次改造的增供电量效益按照式（B.15）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.15) |

式中符号同式（29）。

B.7 供电可靠性效益计算案例

某地区有10户，项目实施前计算期内所有用户因多种原因而停电的持续时间如表B.4所示。

表**B.2** 项目实施前用户停电时间表(h)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数  用户 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 |
| 第1户 | 5 | 10 | 3 | 0 | 5 |
| 第2户 | 5 | 10 | 3 | 0 | 5 |
| 第3户 | 5 | 10 | 3 | 0 | 5 |
| 第4户 | 5 | 10 | 3 | 0 | 5 |
| 第5户 | 0 | 10 | 0 | 7 | 5 |
| 第6户 | 0 | 10 | 0 | 7 | 5 |
| 第7户 | 0 | 10 | 0 | 7 | 5 |
| 第8户 | 0 | 10 | 0 | 7 | 5 |
| 第9户 | 0 | 10 | 3 | 0 | 5 |
| 第10户 | 0 | 10 | 3 | 0 | 5 |

项目实施前用户平均停电时间按照式（B.16）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.16) |

项目实施后计算期内所有用户因多种原因而停电的持续时间如表B.5所示。

表**B.5** 项目实施后用户停电时间表(h)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 次数  用户 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 |
| 第1户 | 0 | 8 | 5 | 4 |
| 第2户 | 0 | 8 | 5 | 4 |
| 第3户 | 0 | 8 | 5 | 4 |
| 第4户 | 0 | 8 | 5 | 4 |
| 第5户 | 3 | 0 | 5 | 0 |
| 第6户 | 3 | 0 | 5 | 0 |
| 第7户 | 3 | 0 | 5 | 0 |
| 第8户 | 3 | 0 | 5 | 0 |
| 第9户 | 0 | 0 | 5 | 4 |
| 第10户 | 0 | 0 | 5 | 4 |

项目实施后用户平均停电时间按照式（B.17）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.17) |

用户平均停电时间减少量按照式（B.18）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.18) |

影响电网范围负荷估计值为100kW，平均售电价格为0.447元/kWh，则供电可靠性效益按照式（B.19）计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.19) |

B.8 综合线损率降低计算案例

B.8.1 基于实际供电量折算理论线损率降低计算

某电网的全月供电量为64.286万kWh。项目改造前，电网的全月电网线损为73029 kWh，项目改造后，电网的全月电网线损为62588 kWh。

则项目改造前后，电网的月线损率应分别按照式（B.20）和（B.21）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.20) |
|  | (B.21) |

基于实际供电量折算理论线损率降低量按照式（B.22）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.22) |

B.8.2 综合线损率降低计算

某电网在项目改造前，电厂上网电量与其他电压等级转入电量之和为59.44万kWh，售电量与其他电压等级转出电量之和为50.98万kWh。项目改造后，电厂上网电量与其他电压等级转入电量之和为66.03万kWh，售电量与其他电压等级转出电量之和为60.22万kWh。

则项目改造前后，电网的月线损率应分别按照式（B.23）和（B.24）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.23) |
|  | (B.24) |

综合线损率降低量按照式（B.25）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.25) |

B.9 二氧化碳减排量计算案例

B.9.1 变压器更换

某变压器改造前型号为S7，其在基准期的电能损耗为0.077 MWh。更换型号SSZ11后，在统计报告期的电能损耗为0.045 MWh。则此变压器更换项目节能按照式（B.26）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.26) |

线路所输送电力的CO2排放因子为0.608 tCO2e/MWh，则变压器更换项目减排量按照式（B.27）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.27) |

B.9.2 增设并联无功补偿装置

某一区域在增设并联无功补偿装置前的基期的供电量为10.89 MWh，增设并联无功补偿装置后在统计报告期的供电量为11.52 MWh。则此项目节能按照式（B.28）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.28) |

线路所输送电力的CO2排放因子为0.608 tCO2e/MWh，则变压器更换项目减排量按照式（B.29）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.29) |

B.9.3 电网优化运行

某一电网在优化运行前的基期的供电量为51.03 MWh，优化运行后在统计报告期的供电量为50.09 MWh。则此项目节能按照式（B.30）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.30) |

线路所输送电力的CO2排放因子为0.608 tCO2e/MWh，则变压器更换项目减排量按照式（B.31）进行计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  | (B.31) |

参 考 文 献

1. 中国国家标准化管理委员会. GB/T 32823-2016 电网节能项目节约电力电量测量和验证技术导则[S]. 中国标准出版社, 2016.
2. 中国国家标准化管理委员会. GB/T 31367-2015 中低压配电网能效评估导则[S]. 中国标准出版社, 2015.
3. 中国国家标准化管理委员会. GB/T 36573-2018 电力线路升压运行节约电力电量测量和验证技术规范[S]. 中国标准出版社, 2018.
4. 中国国家标准化管理委员会. GB/T 13462-2008 电力变压器经济运行.中国标准出版社, 2008
5. 中国国家标准化管理委员会.GB/T 36571—2018 并联无功补偿节约电力电量测量和验证技术规范.中国标准出版社,2018.
6. 中国国家标准化管理委员会 GB/T 13234—2018 用能单位节能量计算方法. 中国标准出版社, 2018.
7. 国家能源局. DL/T 256—2012 城市电网供电安全标准. 中国电力出版社, 2012.
8. 国家能源局. DL/T 686—2018 电力网电能损耗计算导则. 中国电力出版社, 2018.
9. 国家能源局. DL/T 836—2012 供电系统用户供电可靠性评价规程. 中国电力出版社, 2012.