

Resumo

O trabalho de investigação que deu origem a esta Tese teve como principal objectivo o desenvolvimento de uma metodologia de cálculo das tarifas de uso das redes a aplicar aos utilizadores dos serviços da rede de transporte de energia eléctrica de modo a remunerar de forma justa a entidade responsável por esta actividade pelos custos decorrentes da prestação desses serviços.

Numa primeira etapa, analisou-se o posicionamento do sector de transporte de energia eléctrica no contexto actual dos sectores eléctricos, verificando-se que a reestruturação ocorrida nas últimas duas décadas originou em diversos países uma separação das actividades de produção, transporte, distribuição e comercialização de energia eléctrica. Pelas suas características, a actividade de transporte de energia eléctrica é assegurada em regime de monopólio natural regulado. Apesar do pouco peso que os custos decorrentes dos serviços de transporte têm nas tarifas a aplicar ao consumidor final, este sector desempenha um papel fundamental no bom funcionamento do sector eléctrico, tanto a nível técnico como económico. Tal facto tem originado nos últimos tempos o desenvolvimento de várias metodologias de cálculo de tarifas e de planeamento da expansão do sector de transporte, como comprova a extensa literatura existente. Após uma análise dessas metodologias concluiu-se que as metodologias marginais de cálculo das tarifas eram as que cumpriam um maior número de princípios e critérios de avaliação usualmente utilizados. No entanto, as Metodologias Marginais de Curto Prazo mostram-se ainda insuficientes aparecendo, então, as Metodologias Marginais de Longo Prazo como as mais completas.

Tendo em conta estes aspectos, desenvolveu-se uma Metodologia Marginal de Longo Prazo intimamente relacionada com a resolução de um problema de planeamento da expansão da rede de transporte. Assim, nesta Tese apresenta-se uma Metodologia Marginal de Longo Prazo que inclui formas inovadoras e eficientes de resolução do problema de planeamento da expansão e do cálculo de Preços Marginais de Longo Prazo. De uma forma integrada, o planeamento da expansão da rede de transporte para um horizonte de planeamento constituído por vários períodos é resolvido através da metaheurística Simulated Annealing, possibilitando conferir um carácter dinâmico ao problema e utilizando variáveis inteiras para representar as decisões de investimento. Após a selecção do plano de expansão da rede de transporte procede-se ao cálculo dos Preços Marginais de Longo Prazo, com os quais se determina a Remuneração Marginal de Longo Prazo a atribuir à entidade responsável pela rede de transporte.

A Metodologia Marginal de Longo Prazo desenvolvida corresponde a um problema multicritério em que foram considerados o custo de exploração, o custo de investimento na rede de transporte, um índice de fiabilidade e um índice de risco. Este índice de risco permite avaliar a robustez que um plano de expansão apresenta face à incerteza que poderá afectar a potência de carga durante o horizonte de planeamento. A natureza contraditória dos critérios de avaliação e a elevada complexidade e dimensão do problema em análise originaram a adopção de um método de tipo

interactivo baseado no Método das Restrições. De acordo com este método todos os critérios, excepto um, são convertidos em restrições através da especificação de níveis de aspiração. O problema resultante foi então resolvido pela metaheurística Simulated Annealing. A solução não dominada assim identificada é apresentada ao Agente de Decisão que poderá modificar os níveis de aspiração para identificar uma outra solução não dominada.

Esta metodologia foi aplicada com sucesso a uma rede de pequena dimensão muito utilizada em publicações referentes a metodologias de planeamento da expansão da rede de transporte e, também e mais significativamente, a uma rede real correspondente à Rede Nacional de Transporte Portuguesa. Os resultados obtidos correspondem a planos de expansão multiperíodo integrando investimentos realistas e tecnicamente implementáveis bem como Preços Marginais de Longo Prazo que permitem recuperar percentagens muito elevadas (em geral entre 80 e 100 [%]) dos custos decorrentes dos serviços prestados pelas empresas responsáveis por esta actividade.

Considera-se assim que foi dado um contributo importante para encarar o planeamento da expansão da rede de transporte e a determinação das tarifas por uso das redes de uma forma mais integrada e realista, mantendo em todo o caso a qualidade de serviço habitual neste sector de actividade.

Abstract

The main objective to reach with the research that originated this Thesis was the development of a methodology to compute tariffs for use of networks to be paid by network users to make it possible to remunerate in a fair way the owner or the entity having the concession of the transmission activity for its corresponding costs.

In a first step, it was analysed the role and the position of the transmission electricity sector given that the restructuring move implemented in several countries in the last two decades enforced the separation of generation, transmission, distribution and retailing activities. Given its characteristics, the transmission activity is provided in terms of regulated natural monopolies. Despite the reduce percentage of transmission costs in the global costs of the electricity sector, it is clear that transmission networks are responsible for a fundamental service that must be provided in efficient technical and economic conditions. This fact explains the development of numerous methodologies to compute tariffs for use of networks and to solve transmission expansion planning problems, as can be easily seen in the literature. According to the analysed literature, it became evident that marginal approaches are the most interesting ones given a set of principles and evaluation criteria. Short Term Marginal approaches still have several drawbacks, so that it became clear that Long Term ones are the most complete from a technical and an economic point of view.

Having in mind these aspects, it was developed a Long Term Marginal approach closely related with the solution of a transmission expansion planning problem. The Long Term Marginal approach described in this Thesis includes innovative and efficient procedures to address the referred

transmission expansion planning problem and the subsequent computation of Long Term Marginal Prices. In an integrated way, the transmission expansion planning problem includes a planning horizon divided in several periods and is solved using the Simulated Annealing metaheuristic. The adoption of this metaheuristic allows one to address the expansion problem in a dynamic way using integer variables to represent investment decisions. After selecting an expansion plan, they are computed the Long Term Marginal Prices leading to the Long Term Remuneration to assign to the owner or the entity having the concession of the transmission activity.

The developed Long Term Marginal approach corresponds to a multicriteria problem in which we considered the operation cost, the investment cost, a reliability index and a risk index. This risk index is used to evaluate the robustness of a particular plan given the uncertainty affecting the demand along the planning horizon. The contradictory nature of these criteria and the complexity and size of the problem in analysis lead to the adoption of an interactive method based in the Constraints Method. In this method, all criteria except one are converted in constraints through the specification of aspiration levels. The resulting problem was solved by the Simulated Annealing metaheuristic. The identified non dominated solution is presented to the Decision Maker that can modify the referred aspiration levels if he wants to identify a different non dominated solution.

This methodology was successfully applied to a small transmission network frequently used in publications related with transmission expansion planning problems and also, and more significantly, to a real case corresponding to the Portuguese National Transmission Network. The obtained results correspond to technically feasible multiyear investment plans as well as Long Term Marginal Prices leading to high percentages (in general, between 80 and 100 [%]) of the costs related to the transmission services.

As a conclusion, this Thesis corresponds to a step forward in addressing transmission expansion planning and setting the tariffs for use of networks in a more integrated and realistic way, maintaining in any case the quality of service traditional in this activity.